

В.Е. Губин, С.А. Косяков

МАЛООТХОДНЫЕ  
И РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИ  
Е  
ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭНЕРГЕТИКЕ



Томск – 2002

УДК 620.91/92: 621.311: 534.04  
Г 932

**Губин В. Е., Косяков С.А.** Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 252 с.: ил.

**ISBN 5-89503-169-2**

Пособие по малоотходным и ресурсосберегающим технологиям может быть использовано студентами, обучающимися по специализации «Инженерная защита окружающей среды», которые в соответствии с планом подготовки в вузе изучают дисциплину «Малоотходные и ресурсосберегающие технологии», а также студентами и специалистами энергетических специальностей.

Пособие подготовлено сотрудниками Регионального центра управления энергосбережением и кафедры атомных и тепловых электростанций ТПУ, соответствует программе дисциплин.

**УДК 620.91/92: 621.311: 534.04**

*E-mail авторов: ksa@es.tomsk.ru*

**Рецензент:** Б. В. Лукутин, д.т.н., профессор

ISBN 5-89503-169-2

- © В.Е. Губин, С.А. Косяков, 2002
- © Томский политехнический университет, 2002
- © НП «Региональный центр управления энергосбережением» (г. Томск), 2002

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В России с ее богатыми природными ресурсами, в первую очередь топливно-энергетическими, до последнего времени энергетика рассматривалась как единственный «локомотив» развития общественного производства.

Действительно, в переходный период топливно-энергетический комплекс не только выполнял свою инфраструктурную функцию, но и давал до половины всех валютных поступлений в стране, что позволяло обеспечить существование общества даже при условии кризиса промышленного и продовольственного производства.

И все же это не привело к возрождению России, ибо энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП), в том числе энергоемкость и промышленного производства, и социальных услуг, оказалась настолько высокой, что это делает нашу жизнь недопустимо энергорасточительной, а нашу продукцию неконкурентоспособной не только на мировом, но и на внутреннем рынке. Достаточно сказать, что на одну тысячу долларов социальных расходов в России приходится свыше 20 т условного топлива, в то время как в индустриально развитых странах Европы, включая близкую к нам по климатическим условиям Скандинавию, эта социальная энергоемкость составляет от 1 до 3 т условного топлива [10].

Даже одного примера достаточно, чтобы признать, что прежний путь наращивания душевого энергопотребления для России не даст ожидаемого результата с точки зрения достижения материального благосостояния граждан.

Другой насущной проблемой нашего времени является неудовлетворительная экологическая обстановка.

Потребительское отношение к окружающей среде на протяжении целых десятилетий нанесло и продолжает наносить губительный для всего живого вред. Поэтому именно сейчас остро ощущается растущая потребность в высококвалифицированных специалистах, одинаково грамотно ориентирующихся как в вопросах экономического развития, так и в вопросах экологической безопасности и защиты, а также применения малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

Материал книги соответствует образовательному стандарту Томского политехнического университета по направлению «Инженерная защита окружающей среды». Подразделы 3.9 и 3.10 написаны д.т.н. В.А. Силичем и к.т.н. М.П. Силич. В подразделе 3.4 использованы материалы, любезно предоставленные автором проекта ГОСТа к.т.н. М.Г. Гольдшмидтом.

Авторы выражают благодарность организаторам работы над книгой директору Томского регионального центра управления энергосбережением М.И. Яворскому и заведующему кафедрой атомных и тепловых электростанций Томского политехнического университета Л.А. Беляеву.

В будущем авторы продолжают работу над совершенствованием пособия и отнесутся с пониманием к замечаниям и предложениям, которые позволят улучшить его, устранить возможные недостатки. Учебное пособие может быть использовано студентами других специальностей энергетического профиля, а также инженерно-техническими работниками Госэнергонадзора, центров энергоэффективности и энергетических служб предприятий.

## ВВЕДЕНИЕ

Экономические трудности переходного периода коснулись топливно-энергетического комплекса в меньшей степени, чем других отраслей материального производства. Однако можно с уверенностью говорить о кризисе и в этой области.

Можно ожидать, что ситуация еще более обострится, когда экономика начнет выходить из кризиса и внутреннее энерго- и ресурсопотребление снова увеличится. Тогда ТЭК, характеризующийся технической отсталостью и сильным износом производственного потенциала, выступит одним из основных претендентов на инвестиции, что может существенно замедлить эффективность процесса восстановления экономического потенциала. Вместе с тем имеется большой резерв уменьшения инвестиционного спроса за счет проведения более активной энерго- и ресурсосберегающей политики. По некоторым оценкам, потенциал энергосбережения в России достигает 40 – 50% текущего энергопотребления [11].

Причем значительная часть этого потенциала может быть реализована при затратах, меньших, чем требуется для производства адекватного количества первичных энергоресурсов.

Опыт многих стран с развитой рыночной экономикой показал, что энергосбережение требует комплекса мер государственного регулирования, которые должны обеспечить условия для обязательного проведения энерго- и ресурсосберегающей политики во всех сферах деятельности хозяйственных субъектов.

Для реализации концепции энерго- и ресурсосбережения необходима смена приоритетов в развитии энергетики и промышленности, что требует определенной воли и последовательности в проведении в жизнь энергосберегающих принципов, поскольку наращивание производства первичных ресурсов до сего времени является доминантой экономической политики страны.

Энерго- и ресурсосбережение является существенным фактором, способствующим увеличению темпов экономического развития за счет снижения энергопотребления и тем самым нагрузки на экономику страны. Правда, эффект нарастает медленно. По-видимому, потребуется 10

– 15 лет, пока энерго- и ресурсосбережением будут охвачены все отрасли экономики.

В этой связи энергосбережение можно отнести к экономическим факторам, проявляющим свое воздействие на экономику в среднесрочной перспективе. Пренебрежение этим фактором обязательно обернется большими потерями. Поэтому все экономические программы должны быть направлены в первую очередь не на обеспечение роста производства энергоресурсов, а на их экономное и рациональное использование. Для этого должны быть созданы соответствующие механизмы и условия, которые в настоящее время отсутствуют.

В числе главных приоритетов энергетической политики Российской Федерации – повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергосберегающий путь развития. За счет активного энерго- и ресурсосбережения можно решить экономические, экологические, научно-технические и социальные проблемы нашей страны.

Поиск соответствия между ростом материального производства, необходимым энергообеспечением жизни и поддержанием достаточного экологического ресурса (воды, чистого воздуха) становится главной задачей устойчивого развития общества, а средством решения этой задачи является повышение энергоэффективности использования наших природных ресурсов в интересах нынешнего и будущего поколений. В этом суть новой экономической политики.

Разрушить психологию энергорасточительства, отказаться от традиционного отношения к энергии как к вечнодоступной, неисчерпаемой, дешевой означает осуществить переход нашего общества к новому качеству – жить по тем реальным средствам, которыми мы располагаем сегодня.

Энерго- и ресурсосбережение – это не дань моде. Это необходимые условия выживания в переходный период. Это путь в завтрашний день.

## Глава 1

### **РОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЩЕМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

#### **1.1. Общее антропогенное воздействие технологий на окружающую среду**

Человек в процессе своей жизнедеятельности оказывает существенное влияние на окружающую среду. Человеческая жизнь и деятельность вызывает появление различного рода отходов, загрязняющих окружающую среду.

На бытовом уровне влияние этих загрязнений мы чувствуем ежедневно.

Динамический баланс химического состава атмосферных газов, цикличность погодных условий создают благоприятные условия на Земле для ее обитателей. Экстенсивное развитие промышленности и варварское использование природных ресурсов за 20-е столетие привели к существенному загрязнению атмосферы, которое угрожает уничтожением комфортных условий животному, растительному миру и человеку.

Основные факторы загрязнения атмосферы:

- выбросы тепличных газов, грозящие изменением климата;
- выбросы химических веществ, разрушающих озоновый слой;
- выбросы твердых веществ, создающих запыленность;
- выбросы ядовитых и канцерогенных газов и аэрозольных веществ;
- выбросы газов, подкисляющих осадки;
- радиоактивные загрязнения.

Главный источник выбросов в атмосферу – энергетические, промышленные и бытовые процессы. Таким образом, успех борьбы с загрязнением атмосферы зависит от повышения эффективности производства и потребления энергии.

Тепличные газы уменьшают прозрачность воздуха, создают парниковый эффект. Это прежде всего двуокись углерода. Выбросы двуокиси углерода с развитием промышленности постоянно растут, создавая

серьезную угрозу потепления и повторения библейского потопа. Двуокись углерода – это основной продукт горения, к увеличению его выбросов ведет увеличение расходов топлива.

Влияние на увеличение содержания  $\text{CO}_2$  оказывает также снижение количества зеленых растений – поглотителей и накопителей  $\text{CO}_2$ .

Выбросы хлорфторуглеродов, разрушающих озоновый слой, приводят к уменьшению естественной защиты от ультрафиолетового излучения.

Выбросы твердых веществ уменьшают прозрачность воздуха, создают над городами «купола пыли», под которыми накапливаются вредные вещества. Энергетика дает значительные выбросы твердых веществ при работе на угле.

Среди ядовитых и канцерогенных газов, выбрасываемых промышленностью, первое место по степени отрицательного воздействия на окружающую среду занимают окислы азота ( $\text{NO}_x$ ). Более 95% окислов азота образуется как продукт процессов сгорания. Причиной резкого возрастания выбросов окислов азота в последние десятилетия является автомобильный транспорт.

Выбросами, подкисляющими осадки, прежде всего являются окислы серы. Более 95% окислов серы ( $\text{SO}_x$ ) попадает в атмосферу в результате сжигания содержащего серу горючего. Самые крупные источники выбросов – электростанции.

Начиная с 1970 г. выбросы окислов серы немного уменьшились, что связано с возросшим потреблением почти не содержащего серу природного газа, которым были заменены содержащие серу мазут и уголь.

Вода покрывает большую часть поверхности Земли, влияет на климат, погоду и состояние атмосферы, является самым обильным и ценным ресурсом, 97% водных ресурсов относится к соленым, 3% – к пресным водам. Океаны и моря снабжают растущее население планеты продуктами питания, широко используются для транспортных целей. Пресная вода используется для приготовления пищи, санитарно-гигиенических целей, сельского хозяйства, промышленности, производства электроэнергии, транспортных целей, отдыха.

Возрастающему загрязнению подвергаются источники и соленой, и пресной воды. Около 70% загрязнения морской среды связано с наземными источниками, включая большие и малые города, промышленность, сельское хозяйство, строительство. Загрязняющими факторами от наземных источников для морской среды являются сточные воды, химические вещества, продукты отстоя, мусор.



В последнее время все серьезнее становится угроза загрязнения морей радиоактивными отходами. Загрязнение морей и океанов возникает также в результате судоходства. Около 600 т нефти ежегодно попадает в океаны в результате морских аварий. Громадный урон морям и океанам приносит избыточная добыча рыбы.

В мире наблюдается нехватка и растущее загрязнение источников пресной воды.

Загрязняющими факторами для пресной воды являются:

- сточные и промышленные сбросы;
- уменьшение естественных водосборных площадей;
- смыв пестицидов, гербицидов и удобрений в воду;
- тепловые сбросы.

Естественный процесс рециркуляции и очищения воды обеспечивает возврат использованного количества до тех пор, пока потребление воды не интенсивнее восполнения запасов и пока не превышен доступный объем разлагающихся или вообще не разлагающихся отходов. Сегодня можно говорить о нарушении этого баланса.

Значительный вклад в сброс загрязненных вод вносит энергетика, дополняя этот вклад тепловым загрязнением, осложняющим процессы регенерации пресной воды.

Загрязнение водных ресурсов приводит к деградации окружающей среды, сокращению продолжительности жизни человека.

Литосфера – твердая оболочка Земли, на которой происходит жизнь человека, многих видов флоры и фауны, также является средой для развития сельского хозяйства и источником природных ресурсов. Литосфера, обеспечивающая человека всем необходимым, больше всего страдает от человеческой деятельности. Добыча полезных ископаемых превращает горы в ущелья; процент использования минерального сырья невелик, остальное идет в загрязняющие отвалы. Уничтожение лесов, строительство водохранилищ, химическое загрязнение почв, образование необорудованных свалок бытовых и промышленных отходов ведут к разрушению среды обитания человека и создают массу новых проблем, которые при современном уровне развития трудноразрешимы и инженерно, и экологически. Семьдесят процентов засушливых земель на планете образовались за счет деградации почвы – это около 3,6 млрд га, одна четвертая часть земной суши, территория, которая по площади в три раза больше Европы.

Мир производит в год, по оценкам ЕС, около 400 млн т опасных отходов, оказывающих отрицательное воздействие на состояние здоровья населения и окружающую среду [24].

Энергетика загрязняет литосферу и прямо, и косвенно. Факторы прямого загрязнения от энергетики:

- гидросооружения;
- шлакоотвалы;
- склады угля, хранилища нефтепродуктов;
- загрязнения на территориях добычи топлива.

Фактором косвенного загрязнения от энергетики являются продукты сгорания топлив, оседающие на поверхности.

Отходы от жизнедеятельности человека, как правило, делят на бытовые и промышленные. Анализ экологическими организациями бытовых отходов позволил сделать вывод: бытовые отходы – издержки промышленности, переложённые на плечи бытового потребителя. Неподдающиеся переработке материалы упаковки, отсутствие мер и способов утилизации использованных бытовых приборов, материалов являются причиной основного количества бытовых отходов. Поэтому было бы правильным отнести их к промышленным, переложив всю ответственность за их образование на практических инженеров, инженеров-конструкторов и проектировщиков. Происхождение любых отходов, и промышленных, и так называемых бытовых, имеет одну причину – нерациональное использование ресурсов. Все начинается уже с проекта освоения месторождения природных ресурсов, где ценнейший почвенный слой практически уничтожается, вскрышные породы идут в загрязняющие отвалы. При обогащении какого-либо элемента получают несоизмеримые с искомым продуктом количества отходов. Обогащенный продукт, поступая на производство потребительского материала, в большинстве случаев (черная и цветная металлургия) используется на 50 – 60%. Остальное количество материала уходит в агрессивные шлаки, горы которых, обезображивая природный ландшафт, выделяют образованные в процессе их производства токсичные вещества в гидросферу и атмосферу. Далее из полученного материала, после многократного нагревания и охлаждения, сопровождающегося рассеянием с трудом полученной энергии, получают полуфабрикат и, конечно, не менее 10% отходов. Потом обработка полуфабрикатов для получения деталей изделия, конечно, опять с рассеиванием используемой высокоценной энергии и получением вторичных отходов не менее 10% от использованных полуфабрикатов, и, как всегда, появляются стоки, загрязненные химическими веществами и нефтепродуктами. На всех последующих стадиях создания, эксплуатации, ремонта также образуются отходы, стоки, выбросы, а после окончания срока эксплуатации практически все

идет в отходы, загрязняя окружающую среду. Этот всем известный путь производства должен быть всегда перед глазами людей, принимающих любое инженерное решение. Следует помнить, что наиболее эффективный способ решения проблем, связанных с образованием отходов, состоит в предотвращении образования отходов.

Отношение инженеров к маловероятным случайным событиям серьезно изменилось только после глобальной катастрофы в Чернобыле. Такие аварии были и раньше, но они происходили на военных заводах и принимались как неизбежные издержки военного производства. Совсем по-другому была воспринята катастрофа с ужасающими последствиями на обычном серийном энергетическом объекте – эта неожиданность перевернула сознание инженеров.

Казалось бы, безупречные по инженерным решениям объекты сегодня начинают по разным причинам (природные катаклизмы, технологические аварии, терроризм) выходить из строя, нанося тяжелый, веками неустраняемый вред окружающей среде и человеку. Кажется, нет уже ни одного типа инженерного объекта, который бы не внес свою лепту в этот разрушительный процесс. Аварии на нефтеналивных танкерах, нефтезаводах, химических заводах, атомных станциях, транспортных средствах и пр. приводят к гибели людей, загрязнению окружающей среды и значительным финансовым затратам. Иллюстрация будет неполной, если не учесть заболеваний, как профессиональных, так и вызванных загрязнением окружающей среды. Все это приводит к сокращению продолжительности жизни человека и деградации природной среды.

Попытки представить аварии и катастрофы как неизбежный результат научно-технического развития (НТР) вызваны желанием производителей искусственно уменьшить себестоимость своей продукции за счет сокращения затрат на безопасность производства. Поэтому появляются государственные законодательно-нормативные ограничения, устанавливающие минимальный уровень безопасности продукции. Наиболее опасные инженерные сооружения и технологии подвергаются всесторонней экологической экспертизе, учитывающей влияние объекта на человека и окружающую среду в нормальных условиях эксплуатации, при всех возможных технологических авариях, вызванных внутренними причинами, природными катаклизмами (землетрясением, ураганом, наводнением, цунами и пр.) и даже терроризмом.

В процесс катастрофического нарушения экологии энергетика вносит свою лепту. Это прежде всего аварии на атомных электростанциях и предприятиях ядерного топливного цикла.

В настоящее время проблема экологического состояния окружающей среды является одной из самых злободневных. В России эта проблема очень актуальна.

Ежегодно в России используется до 100 млрд м<sup>3</sup> воды. При этом энергетические объекты всех видов потребляют до 40 млрд м<sup>3</sup> воды. Из этих объемов непосредственно на электрические станции поступает до 23 млрд м<sup>3</sup> воды, из которых более 1 млрд м<sup>3</sup> сбрасывается химически загрязненными (поваренная соль, кислоты и др.). Следует отметить, что доля топливно-энергетического комплекса в объемах сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты сравнительно невелика – около 15%. Но при этом почти все остальные сбросные воды тепловых электрических станций характеризуются в первую очередь не учитываемым в отчетных показателях тепловым загрязнением, вызывающим повышение температуры воды в водоисточниках. Тепловое загрязнение не менее неблагоприятно по своим воздействиям на обитателей водоемов, так как меняются физические свойства воды – снижается растворимость кислорода на 30 – 40% и др.

На просторах России накоплены тысячи миллионов тонн самых различных отходов – токсичных и нетоксичных, промышленных и бытовых. Здесь следует обратиться к удельным показателям. В некоторых областях России в год производится по 30 т отходов на одного жителя [16]. В Великобритании этот показатель не превышает 3 – 4 т. Отрицательное влияние отходов на литосферу разнообразно. Так, предприятия топливной промышленности России превратили в терриконы и раскопки 280 тыс. га земель.

Наиболее реальным вариантом снижения вредного воздействия на окружающую природную среду будет снижение расходов энергоресурсов и сырьевых материалов в энергетике, промышленности, на транспорте, в коммунальном хозяйстве и т.д. В зависимости от количества и качества сжигаемого топлива уровень вредного воздействия значительно отличается.

Кроме того, при сжигании топлива в атмосферу выбрасывается до 3 т/т у т диоксида углерода, 250 кг/т у т воды. Выбросы всех вредных веществ котлами и домовыми печами при сжигании угля в несколько раз выше, чем у торфа и особенно у дров. При переходе с угля на торф и особенно на дрова, где это возможно, отрицательное воздействие на окружающую среду может существенно снизиться.

По суммарным оценкам, удельные выбросы вредных веществ при существующем топливном балансе только от стационарных источников электроэнергетики составляют 18 кг/т у т, или 6 кг/МВт · ч.

То есть если в России будет реализован потенциал энергосбережения в 400 млн т у т, то следует ожидать снижения объемов выбросов в атмосферу до 7 млн т (не менее 15% от объемов выбросов в настоящее время), а также около 2 млрд т CO<sub>2</sub>. Снижение объемов водопотребления еще более впечатляет – около 30 млрд м<sup>3</sup> в год, или 30% от объемов выбросов по России в целом.

Региональные масштабы снижения нагрузки на окружающую среду при реализации потенциала энергосбережения можно оценить на примере Свердловской области, где эти показатели составляют примерно 150 тыс. т выбросов (без CO<sub>2</sub>) и 650 млн м<sup>3</sup> сбросов. Соответственно, это составляет от общих выбросов и сбросов по региону 12 и 36% [16].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что проблемы, вызывающие к жизни насущную необходимость энергосбережения, имеют глобальные масштабы и важны с точки зрения решения экологических проблем как в России в целом, так и в каждом из ее регионов. Это вновь и вновь подтверждает, что у нас нет альтернативы энергосбережению не только в плане рационального использования энергоресурсов, но и для сохранения природной среды.

## 1.2. Энергетика как фактор загрязнения окружающей среды

Загрязнения окружающей среды часто связаны с производством и потреблением энергии, а также с энергетическими процессами, используемыми при производстве промышленной продукции, такими, как плавление металла, прокат металла, работа двигателей внутреннего сгорания и т.п. Выбросы тепличных газов, тепловые выбросы в водоемы, загрязнения канцерогенными и ядовитыми газами, разливы нефти на поверхности морей и океанов, задымление и запыление воздуха городов, отвалы шлака на больших территориях – все это побочный результат человеческих усилий, направленных на получение и использование энергии.

Энергетические процессы и энергетика являются определяющими загрязнителями окружающей среды. Любой способ получения и использования энергии вызывает негативное влияние на окружающую среду. Уменьшение этого влияния возможно за счет улучшения качества очистки выбросов, сбросов и утилизации твердых отходов. Однако самый легкий и дешевый путь уменьшения экологического вреда – повышение энергоэффективности путем частичного или полного решения проблемы бесполезных расходов и потерь энергии. В этом случае со-

кращаются затраты энергетических ресурсов, требуемых для получения того же количества полезной энергии, а следовательно, и вредное воздействие на природу и человека. Повышение эффективности энергетики имеет много меньше отрицательных последствий, чем любая другая альтернатива ее развития.

Эта проблема, известная как энергосбережение, сегодня решается всеми развитыми странами, ее успешное решение способствует более стабильному положению в мире, повышает национальную экономическую независимость, а значит и национальную безопасность.

Основным современным способом получения энергии является процесс сжигания различных видов топлива. К наиболее распространенным видам топлива, используемого при сжигании, следует отнести газ (натуральный, искусственный), уголь (все сорта), нефтепродукты, торф, сланцы, древесину и, наконец, так называемое топливо будущего – водород.

Основными продуктами горения топлив являются  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , зола, шлаки. При недостатке кислорода образуется  $\text{CO}$ , известный как «угарный газ». При рассмотрении процесса горения простых соединений ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}$ ) было обнаружено, что при тупиковых путях развития процесса горения происходит образование сложных полимерных молекул, которые идут в дымовые выбросы, повышая их токсичность даже при горении простых химических соединений. Определение химического состава полимерных веществ в выбросах представляет собой сложную инженерную и биологическую задачу.

Наличие в топливе в разных пропорциях всех химических элементов естественного происхождения и многих химических веществ техногенного загрязнения вызывает естественное опасение за их появление в выбросах, сбросах и твердых отходах.

Контроль выбросов предприятий энергетики чаще всего ограничивается:

- оксидом углерода,
- диоксидом серы,
- оксидами азота,
- твердыми частицами.

В последнее время серьезную озабоченность экологов стали вызывать неконтролируемые влиятельные загрязнители. Это:

- аэрозольные выбросы,
- естественные радиоактивные элементы,
- диоксид углерода.

Последний оценен мировым сообществом как наиболее опасный по глобальному климатическому влиянию, угрозе потепления климата на Земле вследствие его тепличного эффекта и труднопрогнозируемым последствиям потепления, одно из которых – таяние полярных льдов и затопление части хорошо освоенной приморской суши. Возможность всемирного потопы может стать реальностью. Поэтому развитые страны взяли на себя обязательства по сокращению существующего выброса двуокиси углерода к 2020 г. примерно в 2 раза.

Твердые отходы тепловой энергетики начинаются с освоения месторождений топливных ресурсов и кончаются полимеризацией сложных соединений в топочных высокотемпературных процессах и выбросом в отвалы золы и шлаков, обогащенных естественными радиоактивными элементами и множеством вредных химических элементов, которые вымываются атмосферными и паводковыми водами в бассейны близлежащих рек. Места концентрации вынесенных вредных веществ труднопрогнозируемы и трудноконтролируемы, а поэтому крайне опасны и для человека, и для окружающей среды.

Сторонники атомных станций обычно подчеркивают минимальное, по сравнению с другими энергоисточниками, влияние этих объектов на окружающую среду при нормальных условиях эксплуатации. В этом случае, как правило, учитываются только выбросы и сбросы от самой атомной электростанции и не рассматривается экологическое влияние многочисленных предприятий ядерного топливного цикла, обеспечивающих нормальную работу АЭС. Очевидно, что для более полного исследования влияния атомной энергетики на природу и человека необходима комплексная оценка всех стадий этого вида энергетического производства.

Еще до начала эксплуатации АЭС необходимо получить топливо. В качестве топлива обычно используется обогащенный  $U^{235}$ . Запасы естественного урана на Земле значительны, но он довольно равномерно распределен в гранитных породах и морской воде и почти не имеет концентрированных месторождений. Сегодня наиболее рентабельными считают месторождения урана с содержанием не менее 0,005%. Получение чернового урана из такой руды требует значительных энергозатрат и создает большое количество отходов вмещающих пород, а также способствует поверхностному загрязнению территории естественными радионуклидами и, как всегда, образованию промышленных стоков, атмосферных выбросов. Обогащение урана изотопом, содержание которого не превышает 0,7%, представляет собой сложную инженерную

задачу, требующую высоких технологий, огромных энергозатрат, неизбежных выбросов и сбросов, а также появления радиоактивных отходов во всех состояниях.

Изготовление из обогащенного урана тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и топливных кассет для АЭС доступно не всем даже относительно развитым странам из-за бесконтактной технологии, довольно высокой токсичности изготовления, высокой энергоемкости и трудностей решения вопросов долговременного хранения радиоактивных отходов.

Нормальная (безаварийная) эксплуатация АЭС порождает множество радиоактивных жидких, газообразных, твердых отходов. Сброс этих радиоактивных искусственных элементов вызывает их сорбцию в природных объектах до недопустимых концентраций и далее миграцию по природным и трофическим системам непосредственно к человеку.

Отработанное топливо АЭС после нескольких лет хранения должно поступить на перерабатывающие заводы. Такие страны, как США, Германия, Англия, Канада, сегодня не готовы полномасштабно перерабатывать отработанное топливо и предполагают долговременное хранение его на АЭС. При переработке отработанного топлива требуются современные мощные высокотехнологичные промышленные конгломерации типа «Маяк» (Челябинск-40, Челябинская область), последствия работы которых влияют на окружающую среду и создают новые проблемы по долговременному захоронению радиоактивных отходов. Сегодня эти проблемы не разрешены даже в теоретическом плане. И, наконец, отработавшие атомные объекты, в отличие от любых других технических сооружений, не могут быть оставлены без постоянного наблюдения во избежание естественного и искусственного распространения радиоактивности. Эти объекты должны быть уничтожены, упакованы в химически стойкие и физически крепкие контейнеры и помещены на долгие годы (геологические периоды) в недоступные или труднодоступные природные или техногенные образования. Катастрофы на АЭС способны уничтожить любую выгоду АЭС. Авария на АЭС Три-Майл-Айленд (США) обошлась налогоплательщику в 300 млрд долл. – это больше капитальных затрат на все АЭС США. Чернобыльская авария несоизмеримо серьезнее по своим последствиям, расходы мирового сообщества на ликвидацию этих последствий превысили десятки триллионов долларов. Нескоро существующие АЭС окупят эти затраты.

К сожалению, неизвестны проекты полномасштабного атомно-промышленного комплекса, выполненного полностью в соответствии с



существующими нормами и правилами, а также нет общей экономической оценки его работы с учетом всех факторов влияния на окружающую среду.

К альтернативным источникам энергии относят возобновляемые и нетрадиционные источники: гидростанции, приливные, солнечные, ветровые, геотермальные, биоэнергетические станции.

Энергия этих источников рассеяна, вследствие чего их удельная энергетическая ценность намного ниже, чем у традиционных источников. Возможная мощная концентрация энергии возобновляемых источников (ураганов, тайфунов, цунами, извержений вулканов и пр.) трудно поддается использованию. Количество возобновляемой энергии на Земле несоизмеримо больше прогнозируемых потребностей человека в обозримый период, а это заставляет человечество искать экономически выгодные и инженерно пригодные решения использования этих источников.

Попытки сравнения альтернативных способов получения полезной энергии с традиционными в настоящее время показывают экономическую возможность использования альтернативных источников только для ограниченных территорий.

Неконкурентоспособность альтернативных источников выражается в повышенной материалоемкости полезной энергии и в больших эксплуатационных затратах. Это, в свою очередь, косвенно, через другие «неэнергетические» отрасли промышленности увеличивает экологическую нагрузку на окружающую среду. Сами установки, использующие альтернативные энергоисточники, при их эксплуатации со временем выявляют специфичное влияние на природную среду и человека. Например, ветрогенераторы создают акустические шумы, влияющие на фауну, а через нее на флору; солнечные генераторы затеняют большие территории суши, уничтожая на них жизнь; геотермальные станции извлекают из недр высокосолёные агрессивные растворы, опустынивая места их сброса. Другие источники энергии по мере их освоения выявляют новые, неожиданные способы их влияния на природу.

Тем не менее отрицательное влияние альтернативных способов получения энергии на природу можно считать незначительным. Существенным отличием от традиционных способов является то, что в технологии альтернативных энергоустановок отсутствуют процессы окисления и процессы ядерных превращений, которые являются источниками веществ-загрязнителей в опасных для природы неравновесных концентрациях. В этом смысле альтернативная энергетика более гармонично

вписана в природу. Даже внешний вид самих установок альтернативной энергетики не противоречит окружающей среде. Все недостатки альтернативной энергетики связаны с ее слабым развитием, но у этого направления все впереди.

### **1.3. Источники данных и условия сравнения показателей энергопроизводства**

Статистика – один из инструментов анализа и прогнозирования, помогающий выявить основные проблемы в развитии любой отрасли и определить приоритетные меры, направленные на разрешение этих проблем.

Россия имеет довольно хорошо отлаженную систему сбора статистических данных, работающую с 20-х годов. В основе этой системы – построенная по территориально-производственному принципу сеть комитетов и центров сбора информации. Сеть централизована и подчиняется Российскому Правительству.

Недостатки российской системы статистики заключаются в некоторой тенденциозности представления данных, что объясняется наследием советских времен. Дело в том, что до 1990 г. советская статистика была идеологическим инструментом правящей партии и составлялась таким образом, чтобы важнейшие показатели мало отличались от аналогичных для развитых стран. Поэтому статистические показатели, полученные до 1990 г., требуют сложной переработки. Ситуация несколько изменилась после снятия ограничений на пользование статистическими данными, но методология анализа данных осталась прежней, вследствие чего результаты анализа малопригодны для сопоставления с международными.

Сегодня независимые международные эксперты имеют возможность самостоятельно вычислять и анализировать некоторые показатели по России.

Воспользуемся обзором, выполненным Международным энергетическим агентством (МЭА) по просьбе Правительства России согласно совместной Декларации о сотрудничестве, подписанной Российским Правительством и МЭА в 1994 г. [8].

При составлении обзоров по энергетике России специалисты МЭА следовали той же методологии, которая используется при анализе энергетических ситуаций в странах-участницах МЭА. Это позволило совместить показатели по России [8] и показатели по развитым странам,

входящим в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [9].

Рост населения и процессы урбанизации имеют значительное влияние на уровень энергопотребления и, следовательно, на энергетическую ситуацию.

Рост численности населения во всех странах замедлился с начала 90-х годов. В период 1971 – 1993 гг. среднемировой годовой прирост населения составил 1,8%. В период 1993 – 2010 гг. прогнозируется лишь 1,4%; при этом для стран ОЭСР прогнозируется меньший, чем среднемировой темп годового роста – 0,6%; для России еще меньший – 0,2%. В целом мировые тенденции изменения численности населения в период 1993 – 2010 гг. можно считать однородными.

Таким образом, различия тенденций изменения энергопоказателей нельзя связывать с характером изменения численности населения, а правомерно рассматривать только в связи с различиями в экономике. Сегодня население России в 3 раза меньше, чем в Европе, и почти в 2,5 раза меньше, чем в Северной Америке, оно практически равно населению карликовой по территории Японии, территория которой меньше территории России в 46 раз.

Валовой национальный продукт (ВНП) характеризует уровень экономического развития государства. ВНП является необходимым показателем для определения удельной энергоемкости производства.

В период 1971 – 1993 гг. среднемировой прирост валового продукта составлял 2,9% в год. Такой же темп роста прогнозируется на период 1993 – 2010 гг. Этот темп выдерживают большинство развитых стран. В России же, начиная с 1983 г., ВНП сокращается по различным данным от 2,8 до 9% в год. Сегодня ВНП России в 8 раз меньше, чем в Японии, и почти в 16 раз меньше, чем в объединенной Европе и Северной Америке. Отсутствие официальных статистических данных Российской Федерации заставляет использовать данные Международного энергетического агентства (МЭА), согласно которым ВНП в 1993 г. сохранился на уровне 1971 г.

Таким образом, в тенденциях прироста валового национального продукта России наблюдается значительное отставание от стран ОЭСР, которое, естественно, должно наблюдаться и в показателях энергоемкости производства России.

#### 1.4. Энергопроизводство и энергопотребление развитых стран

Производство и потребление энергии в стране принципиально характеризуют уровень ее технологического развития, возможный уровень бытового раскрепощения человека, комфорта его жизни, а также защищенность среды его обитания. Суммарное производство энергоресурсов является важным показателем, но не менее важны структура энергоресурсов, тенденции роста их производства.

Вырисовывается тенденция падения роста производства энергоресурсов, что объясняется двумя факторами: во-первых, истощением запасов, во-вторых, снижением спроса. Снижение спроса на энергоресурсы в развитых странах не связано с уменьшением ВВП, следовательно, оно может быть заключено только в уменьшении энергоемкости ВВП. В России тенденция снижения спроса полностью соответствует тенденции снижения ВВП и, следовательно, может быть объяснена спадом общего производства. Снижение производства твердого топлива, характерное для всех стран, объясняется истощением запасов и экологическими недостатками технологии его использования. Значительное снижение роста производства нефти в Европе объясняется истощением запасов.

Газ сегодня является основным топливом для энергетики всех развитых стран. Остановка роста добычи газа в Европе объясняется истощением запасов – уровень производства 2000 г. можно считать предельным. В России добыча газа продолжает увеличиваться даже в обстановке жесточайшего кризиса, так как это едва ли не единственный источник экспорта, не требующий значительных капиталовложений. По добыче газа Россия занимает лидирующие места.

Темпы роста производства электроэнергии в странах Северной Америки, Европы и в Японии несколько замедляются, но, при условии сохранения темпов роста ВВП, такая тенденция является прогрессивной и отражает снижение энергоемкости национального продукта. Замедление роста производства электроэнергии в России носит иной характер, так как сопровождается полной остановкой роста ВВП. Сегодняшние тенденции электроэнергетики России правомерно объяснять только экономическим кризисом и общим спадом производства. Но даже сегодня, при экономическом спаде и чрезвычайно низком валовом национальном продукте, Россия потребляет энергоресурсов в 2 раза больше, чем Япония, и только на 30% меньше объединенной Европы. Производство электроэнергии в России достигает уровня ее производства в Японии и лишь в 2,5 раза меньше, чем в объединенной Европе.

По производству и потреблению первичных энергоресурсов на душу населения (а производство практически равно потреблению в разных видах, включая использование энергоресурсов в качестве экспортного товара) Россия устойчиво занимает первое место среди развитых стран. В видимой перспективе эта величина еще должна увеличиться при освоении уже открытых месторождений газа на Таймыре и в Северной Якутии.

Удельное энергопотребление на ВВП показывает, что Россия далеко отстает от развитых стран в бережливости. Используемые данные МЭА не всегда совпадают с аналогичными данными, полученными для России независимыми экспертами.

Энергетическая составляющая в производстве большинства товаров развитых стран не превышает 4 – 5% от полной себестоимости товара, тогда как в России эта величина обычно не ниже 20%, а для отдельных товаров превышает 50% при современной, заниженной стоимости энергетических ресурсов. Отсюда можно сделать заключение, что снижение энергопотребления является, пожалуй, самым простым способом уменьшения стоимости товаров.

Мощным побудительным мотивом к экономии энергии является стоимость наиболее удобных энергоресурсов. Рассмотрим, например, средние тарифы на электроэнергию за 1993 – 1994 гг.

Энергетические тарифы в России крайне низкие. В этом одна из причин нерационального использования энергоресурсов абсолютно во всех отраслях отечественной экономики и, следовательно, чрезмерной энергоемкости валового национального продукта.

Отдельные российские экономисты требуют от правительства сохранения тарифов на энергоносители, включая электроэнергию, грозя развалом практически бездействующей промышленности, другие, по аналогии с развитыми странами, требуют значительного увеличения тарифов на энергоресурсы для населения с относительным снижением их для промышленности. Одни неправы потому, что развал промышленности вызван не высокими ценами на энергоресурсы (они почти на порядок ниже, чем в развитых странах), а неликвидностью (отсутствием рынка) низкокачественных, морально устаревших, ресурсоемких, дорогостоящих российских товаров и нежеланием истинной перестройки промышленности, которая требует всех моральных, физических сил, современных знаний и, конечно, неизбежного риска. Другие неправы, так как российское население потребляет менее 30% производимой энергии, и большая ее часть бесполезно тратится муниципальными

коммунальными службами при распределении по энергетическим сетям на потери, связанные с неудовлетворительным техническим состоянием сетей. Для сравнения, в развитых странах население потребляет около 60% всей энергии при обязательном требовании надежности и безаварийности. Если тарифы на энергоресурсы для российского населения значительно увеличить, то по своей бедности большинство населения откажется от значительной доли потребляемой энергии, минимизируя ее до жизненно необходимой; состоятельная же часть населения, стремясь предоставить себе необходимый, независимый от нерасторопности властей комфорт, постарается обеспечить себя независимыми энергоисточниками (теплом, электроэнергией), конечно, в импортном исполнении.

Тем не менее для экономии энергии необходимо сближение российских тарифов со среднемировыми.

### **1.5. Контроль состава и состояния окружающей среды**

Контроль загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями, включая энергетические, осуществляется природоохранными организациями эпизодически, с оценкой количества выбросов и сбросов, а также единичным определением их качества по ограниченному перечню веществ-загрязнителей.

Большое количество мест выбросов и сбросов, отсутствие автоматических приборов, контролирующих количество и качество выбрасываемых загрязнителей, неизбежные частые нарушения технологических режимов очистных сооружений, а также попытки всех производителей любыми способами уменьшить величину штрафных санкций за загрязнение делают надзорную работу природоохранных органов весьма затруднительной.

Диапазон необходимых действий очень широк: от мониторинга состояния окружающей среды и принудительных мер по ограничению выбросов до модернизации оборудования и внедрения технологий, обеспечивающих постоянный контроль, а в перспективе и регулирование загрязнений.

Подобные мероприятия требуют затрат, поэтому здесь особо важным является наличие соответствующих законов, норм, политических решений, а также материальных фондов поддержки, механизмов неубыточного кредитования и системы поощрений предприятий. Большое значение имеет привлечение инвестиций в сферу контроля и охраны окружающей среды.

Шаги, которые следует предпринимать, включают:

- создание систем мониторинга в промышленных регионах;
- повышение стандартов для новых предприятий;
- повышение технологических стандартов на существующих предприятиях;
- массовую реконструкцию.

Использование законодательно определенного способа промышленного производства при обязательном применении замкнутых циклов технического водоснабжения, вентиляции и безотходной технологии должно быть нормой для каждого предприятия. Технически и экономически такие безотходные производства давно разработаны, однако юридические «дыры» в существующем законодательстве позволяют предприятиям их избегать. В безотходных производствах любое нарушение работы внутренних очистных сооружений приводит к нарушению технологического цикла и возможному останову предприятия. Во избежание этого администрация предприятия вынуждена к очистным сооружениям и вспомогательным службам относиться так же, как и к основному производству. Такое изменение отношения к основным загрязнителям поможет в приемлемые сроки улучшить состояние окружающей среды.

## Глава 2

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ЧАСТЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ**

#### **2.1. Проблемы энергетики России**

Россия обладает достаточными природными энергетическими ресурсами и имеет развитую энергетику, основы которой закладывались еще в начале века. Последние десятилетия энергетика занимает центральное место в экономической и политической жизни страны. В настоящее время изменились приоритетные направления развития общества и, следовательно, энергетики, что создало ряд проблем, связанных с несоответствием прежнего экономического механизма новым целям.

Характерной особенностью советской энергетики являлись:

- крайне низкие цены на энергоресурсы и энергию;
- централизованное распределение всех ресурсов;
- приоритетное обеспечение энергией тяжелой и оборонной промышленности.

В условиях плановой экономики производители энергоресурсов были заинтересованы в экстенсивном развитии производства и в максимальном потреблении, обеспечивающем постоянный дефицит ресурсов. Потребителям не только было важно заключить договор на поставку максимально возможного количества ресурсов, но также их полностью истратить во избежание сокращения выделяемых ресурсов. Государственные властные структуры требовали сокращения потребления для достижения мировых стандартов, но не располагали надежными методами учета и контроля.

Произошедшие в России изменения экономических отношений потребовали нового подхода к энергопроизводству и энергопотреблению, что, в свою очередь, потребовало коренных реформ в энергетическом секторе. Реформы обострили ряд «наследственных» проблем, наиболее тяжелые из которых:

- искаженные цены на энергоресурсы и энергию;
- кризис угольной промышленности;



- искаженная система расчета с потребителями энергоресурсов;
- устаревшее производственное оборудование;
- кризис неплатежей;
- монополия основных энергопроизводителей;
- отсутствие надежной системы контроля загрязнений от энергетики;
- неэффективное использование энергии в промышленности и в быту.

Проблема цен на энергоресурсы и энергию заключается, во-первых, в занижении цен на все энергоносители и энергию, во-вторых, в непропорциональности цен на отдельные носители. Это объясняется тем, что энергетика не была вовлечена в либерализацию цен в 1992 г.

Цены на газ почти не учитывают транспортные расходы, поэтому являются непропорционально низкими. «Газовая пауза» (временная замена в энергетике угля, нефти и атомной энергии дешевым газом) в России вызвана искусственным снижением «газовых» затрат (геологические изыскания, зарплата, транспортировка газа, экологические затраты при добыче), отсутствием широкой сети химической перерабатывающей промышленности, демпинговыми экспортными ценами и открытием новых месторождений. Это усугубляет кризис в отечественной угольной промышленности, вызванный низким инженерно-техническим и организационным уровнями добычи и переработки угля. Последствия кризиса в угольной промышленности коснулись в основном регионов и городов, расположенных вдали от газовых магистралей. Оценка возможности транспорта газа в эти регионы и города показывает неконкурентоспособность газа и необходимость вовлечения в строительство газовых магистралей значительных для региона капитальных вложений.

Приводимые в статистических и отчетных данных объемы потребленных энергоресурсов не могут быть достоверными в связи с отсутствием у потребителей и поставщиков необходимой измерительной аппаратуры коммерческого класса. Как правило, расчет с поставщиком производится не по факту использованной энергии, а по расчету, пропорционально установленным мощностям, диаметрам трубопроводов, занимаемым площадям и т.п.

Монополия на энергопроизводство позволяет производителю энергии не обновлять основные фонды. А это, в свою очередь, ускоряет моральное и физическое старение оборудования, увеличивая затраты на собственные нужды с соответственным снижением производительности.

Климатическое положение России требует огромных затрат на теплоснабжение. Исторически сложилось, что теплоснабжение в основном осуществляется централизованно от котельных или ТЭЦ. В крупных городах объединенные сети централизованного теплоснабжения составляют сотни километров, локальные сети увеличивают протяженность в сотни раз. Потери тепла в этих сетях превышают 20%, а потери воды из сетей равны общей потребности в питьевой воде. Такие потери полностью исключают преимущества комбинированной выработки электроэнергии и увеличивают его стоимость [19].

Потребители энергоресурсов, не подготовленные к такому росту цен, перекладывая стоимость использованных ресурсов в стоимость своей продукции, требуют от государства дотаций или увеличения таможенных пошлин на аналогичный зарубежный товар.

Увеличение количества неплатежей за энергоресурсы, а далее и самоубийство ряда предприятий-потребителей не позволяют производителю энергоресурсов обеспечить даже возвращение себестоимости своей продукции.

Отсутствие конкуренции в отечественной промышленности привело к производству энергетического и энергопотребляющего оборудования с пониженной эффективностью использования энергии (электродвигатели, электролампы, компрессоры и т.п.). Вынужденное в переходный период сокращение производства промышленной продукции с 1990 г. на 50 – 60% позволило уменьшить потребление энергоресурсов только на 10 – 20% [19].

Тревожная ситуация, сложившаяся в энергоснабжении страны, требует разработки такой энергетической стратегии, которая позволила бы предотвратить дальнейшее углубление энергетического кризиса и обеспечить энергетическую безопасность России в переходный период. В сложившихся условиях энергетические проблемы могут оказать серьезное негативное влияние на экономическую безопасность России в целом, на жизнедеятельность всех сфер экономики, на экономическую стабильность общества. В случае непринятия срочных мер разрушение системы энергоснабжения страны станет необратимым из-за истощения ресурса основных фондов и замораживания процессов топливобычи.

Основные направления энергетической политики Российской Федерации на долгосрочный период до 2010 г. так определяют приоритетные меры по преодолению энергетического кризиса:

- создание платежеспособного спроса;

- преодоление кризиса неплатежей;
- расширение экспорта топливных ресурсов и энергии;
- формирование свободного энергетического рынка с ограниченным государственным регулированием;
- привлечение инвестиций в энергетику;
- реконструкция основных фондов;
- энергосбережение.

Из перечисленного самым дешевым является энергосбережение. Именно оно может оказаться и самым эффективным, особенно на период общего экономического кризиса.

Одной из самых злободневных проблем теплоэнергетики России является регулирование тарифов на тепловую энергию [24].

В России решение проблем теплоснабжения (и коммунального теплоснабжения, в частности) оказалось в сфере влияния нескольких органов государственного управления: Минэнерго РФ, Федеральной энергетической комиссии, Государственного комитета по антимонопольной политике, Госстроя РФ и местных органов власти.

Там, где в качестве источников тепловой энергии служат теплоэлектростанции (ТЭЦ) общего пользования, являющиеся также и источниками электроэнергии, вопросы регулирования взаимоотношений с потребителями тепла решаются в основном Минэнерго и Федеральной энергетической комиссией. Причем это регулирование осуществляется и прямо, и косвенно.

Прямое регулирование заключается в том, что общие положения по регулированию в сфере энергоснабжения, в том числе относящихся к сфере теплоснабжения, основаны на требованиях Гражданского кодекса РФ (§ 6. Энергоснабжение).

Минэнерго РФ при участии Госстроя РФ подготовлены «Правила энергоснабжения в РФ», которые более детально, чем Гражданский кодекс РФ, описывают процедуры, связанные с регулированием взаимоотношений энергоснабжающих организаций и потребителей как электрической, так и тепловой энергии.

Косвенное регулирование тарифов на тепловую энергию, отпускаемую от ТЭЦ общего пользования или от тепловых электростанций (ТЭС) федерального уровня, заключается в том, что ФЭК (для ТЭС федерального уровня) и РЭК (для ТЭЦ общего пользования в составе региональных АО-энерго) сначала регулируют тарифы на электрическую энергию, отпускаемую от указанных ТЭС и ТЭЦ, а определение тари-

фов на тепловую энергию, отпускаемую этими тепловыми электростанциями, ставится в зависимость от того, какую долю топлива ФЭК или РЭК отнесут на выработку электроэнергии. Оставшаяся доля топлива, сжигаемого на тепловых электростанциях, должна быть отнесена на выработку тепла, а это предопределяет уровень тарифов на тепло.

Если предприятия – производители электрической и тепловой энергии – являются муниципальной собственностью, тарифы устанавливаются муниципалитетами, и проблема ценообразования на тепловую энергию решается на местном уровне. Муниципалитеты также устанавливают тарифы на оказание коммунальных услуг (в том числе на отопление и горячее водоснабжение) в муниципальных зданиях.

1. Во всех рассмотренных случаях очень важно правильно сформировать тарифы (цены) на тепловую энергию (горячую воду) и тарифы (цены) на коммунальные услуги по теплоснабжению для того, чтобы тарифы (цены) давали такие ценовые сигналы, которые бы направляли действия всех субъектов, работающих на потребительских рынках тепла, в направлении минимизации затрат на теплоснабжение зданий.

Решение указанной проблемы во многом зависит от того, кто является собственником источников тепла (муниципалитет, АО-энерго и т.п.), какие это источники тепла (ТЭЦ, котельные), кто является собственником тепловых сетей и кто является собственником жилых зданий, являющихся потребителями тепловой энергии.

2. Согласно Федеральному закону «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в РФ» от 10 марта 1995 г. и изданному на основании этого закона Постановлению Правительства РФ от 4 февраля 1997 г. № 121 «Об основах ценообразования и порядке государственного регулирования и применения тарифов на электрическую и тепловую энергию», тарифы на электрическую и тепловую энергию устанавливают региональные энергетические комиссии (РЭК) субъектов Федерации. При этом начиная с 1997 г. РЭК должны устанавливать уровень энергетических тарифов не ниже расчетной себестоимости производства, передачи и распределения электрической и тепловой энергии в регионах для всех потребителей.

В соответствии с указанным выше Постановлением Правительства РФ от 4 февраля 1997 г. № 121 ФЭК устанавливает тарифы на тепловую энергию, тепловую мощность, отпускаемые на потребительский рынок субъектами оптового рынка электроэнергии и мощности (ФОРЭМ) в качестве рекомендаций для рассмотрения и последующего утверждения региональными энергетическими комиссиями. А в соответствии с Ука-

зом Президента РФ начиная с 1999 – 2000 гг. ТЭЦ общего пользования в составе АО-энерго должны быть выведены на ФОРЭМ наравне с электростанциями федерального уровня.

Таким образом, проблема регулирования тарифов на тепловую энергию от ТЭЦ общего пользования и от ТЭС федерального уровня определяются прежде всего решениями органов государственного регулирования на федеральном уровне.

3. Затраты муниципальных предприятий по распределению тепловой энергии, покупаемой у АО-энерго и у других независимых производителей энергии, рассматриваются и утверждаются региональными энергетическими комиссиями (РЭК), которые в соответствии с Федеральным законом «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон "О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в РФ"», принятого Государственной Думой 9 сентября 1998 г., должны действовать на профессиональной основе и финансироваться за счет отчислений, предусмотренных в структуре цен (тарифов) на продукцию (услуги) энергоснабжающих организаций в порядке, определяемом субъектами РФ.

Тарифы на оказание услуг по теплоснабжению определяются на местном уровне муниципальными органами власти.

Таким образом, проблемы регулирования тарифов (цен) в секторе муниципального теплоснабжения должны решаться с учетом требований федерального, региональных и местных законодательств. Исключения составляют случаи, когда и источники тепла, и тепловые сети являются муниципальной собственностью. Однако такие случаи имеют место в основном в малых городах. Большую же долю тепловых нагрузок (более 60%) обеспечивают городские системы ЦТ, где муниципалитет является собственником только части систем ЦТ, хотя и несет ответственность за теплоснабжение города в целом.

4. В случае, когда источником тепла является ТЭЦ, возникает проблема экономически оправданного распределения расходов топлива между электрической и тепловой энергией. Эта проблема стала вновь активно обсуждаться специалистами, работающими в электроэнергетическом комплексе (РАО «ЕЭС России», Минэнерго РФ и Федеральной энергетической комиссии РФ), в связи с потерей конкурентоспособности АО-энерго на рынках тепла.

Обсуждение этой проблемы идет, как правило, в аспекте электроэнергетики. До недавнего времени вся экономия топлива, полученная за

счет комбинированного производства электрической и тепловой энергии, относилась на электроэнергию. В результате себестоимость производства, а соответственно, и тарифы на тепловую энергию оказались чрезвычайно высокими. Положение усугублялось тем, что в целях снижения тарифов на коммунальное теплоснабжение под давлением местных органов власти осуществлялось перекрестное субсидирование: снижались тарифы для жилищно-коммунального сектора и соответственно повышались тарифы для промышленных потребителей тепла. Это привело к тому, что промышленные потребители стали отказываться покупать тепловую энергию, вырабатываемую на ТЭЦ общего пользования, что в свою очередь повлекло за собой увеличение расходов топлива на ТЭЦ на выработку и электрической, и тепловой энергии и способствовало росту энерготарифов.

Для того, чтобы остановить этот негативный процесс, в 1996 г. в РАО «ЕЭС России» был несколько изменен порядок разнесения расходов топлива на выработку электрической и тепловой энергии и соответствующих затрат на ТЭЦ в пользу тепловой энергии. В результате произошло снижение тарифов на тепловую энергию, но полностью это проблему не решило. Поэтому новые условия работы на местных рынках тепловой и электрической энергии потребовали от АО-энерго решать проблему повышения своей конкурентоспособности на рынках тепла.

При этом приходится решать три основные задачи:

- Как обеспечить регулирование тарифов на электрическую и тепловую энергию в зависимости от условий работы АО-энерго на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ) и на местных потребительских рынках электроэнергии и тепла. Для этого необходимо отменить соответствующие нормативные акты, которые предписывают АО-энерго делить топливо, сжигаемое на ТЭЦ, на основе законов термодинамики.

- Как снизить цены на тепловую энергию за счет отказа от услуг посредников – перепродавцов, которыми обычно являются муниципальные предприятия «Тепловые сети», эксплуатирующие распределительные тепловые сети.

- Как исключить перекрестное субсидирование.

Многочисленные обсуждения первой проблемы показывают, что объективных причин, препятствующих ее решению, нет. Нужна лишь политическая воля по отмене действующих нормативных актов и замене их новыми, которые будут базироваться на законах рыночной эко-

номики. Потребуется также обучение специалистов АО-энерго и РЭК, которые заняты решением вопросов тарификации энергии в регионах.

Сложнее складывается ситуация при решении второй проблемы. Здесь сталкиваются интересы ТЭЦ и предприятий «Тепловые сети» в составе АО-энерго и муниципальных предприятий «Тепловые сети». Покупая тепловую энергию у АО-энерго по относительно низким ценам, муниципальные предприятия «Тепловые сети» «накручивают» свои издержки, существенно (на 20 – 50%) увеличивая при этом цену на тепловую энергию. Затем муниципальные предприятия «Тепловые сети» продают эту энергию другим предприятиям (компаниям), которые на основании муниципального заказа должны обеспечить подачу тепловой энергии и горячей воды (либо оказать услуги по теплоснабжению) жителям, проживающим в многоквартирных муниципальных домах. При этом предприятие, выполняющее муниципальный заказ, в свою очередь также добавляет свои издержки, повышая тарифы (цены) на теплоснабжение на уровне конечного потребителя.

Граждане, проживающие в муниципальных и других домах, являющихся собственностью, например товарищество собственников жилья (ТСЖ), оплачивают лишь часть затрат на теплоснабжение (от 20 до 40%) и слабо заинтересованы в эффективном использовании тепловой энергии. Кроме того, жители никак не участвуют в выборе поставщиков услуг по обеспечению теплового комфорта в своих квартирах, поэтому основные проблемы, связанные с организацией и финансированием теплоснабжения, ложатся на местный бюджет.

Задача состоит в том, чтобы снизить затраты на теплоснабжение, максимально сократив путь от производителя тепловой энергии до конечного потребителя (до семьи, проживающей в отдельной квартире) с устранением посредников-перепродавцов между ними и с введением реальных договорных отношений между поставщиками услуг по теплоснабжению и конечными потребителями – жителями, а не чиновниками из служб единого заказчика.

Эта задача непростая, потому что, во-первых, АО-энерго или любое другое предприятие-поставщик тепла, а также предприятия, осуществляющие транспорт и распределение тепла, имеют разные формы собственности, во-вторых, очень сложно изменить психологию людей, привыкших десятилетиями к определенным организационно-экономическим формам в сфере эксплуатации технологически единых систем ЦТ, и в-третьих, в случае радикальных изменений в области организации эксплуатации систем

ЦТ (например, при объединении двух предприятий «Тепловые сети» (АО-энерго и муниципального) в одну теплоснабжающую компанию затрагиваются личные интересы руководителей обоих предприятий «Тепловые сети» (кто из них останется первым руководителем?))

Правительством РФ предпринимаются усилия в направлении создания конкурентной среды в области энергетики и в том числе в сфере теплоснабжения. Так, согласно Постановлению Правительства РФ от 6 июля 1998 г. № 700 «О введении раздельного учета затрат по регулируемым видам деятельности в энергетике», в целях формирования конкурентной среды на рынках электрической и тепловой энергии и повышения экономической эффективности работы энергоснабжающих организаций для этих организаций независимо от их организационно-правовой формы с 4 квартала 1999 г. устанавливается ведение раздельного учета состава затрат и объема выпускаемой продукции (услуг) в натурально-стоимостном выражении по следующим видам деятельности:

- производству электрической энергии (мощности),
- производству тепловой энергии,
- услугам по передаче электрической энергии (мощности),
- услугам по передаче тепловой энергии.

Это дает формальную экономическую основу для объединения двух предприятий (тепловые сети АО-энерго и муниципальные теплосети) в единую самостоятельную компанию, которая будет покупать тепловую энергию у наиболее эффективных производителей и продавать эту энергию конечным потребителям. Основной производственной функцией такой компании является транспорт тепловой энергии от производителя-потребителю. Учредителями ее, скорее всего, станут: региональное АО-энерго и муниципалитет, которые при этом должны внести в качестве учредительного взноса соответствующую часть собственности – тепловых сетей. Такое решение в настоящее время прорабатывается в одном из крупных городов Сибири.

Решение третьей проблемы зависит от действий региональных энергетических комиссий и муниципалитетов. Законодательная база имеется: Федеральный закон «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон “О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в РФ”», принятый Государственной Думой 9 сентября 1998 г.



## 2.2. Взаимоотношения поставщиков и потребителей энергии

подавляющее большинство крупных источников тепла в России – ТЭЦ общего пользования – входят в состав региональных акционерных обществ энергетики и электрификации (АО-энерго), а последние в свою очередь входят в холдинг РАО «ЕЭС России».

Городские районные и квартальные котельные являются либо государственной (областной), либо муниципальной собственностью, если законодатель субъекта Федерации передал их в собственность муниципалитетов областных и районных городов в соответствии с Законом «О приватизации».

Кроме указанных источников тепла в городах работает много промышленных ТЭЦ и котельных, которые входят в состав промышленных предприятий и снабжают тепловой и электрической энергией прежде всего предприятие-собственника ТЭЦ (котельной), а также прилегающие к нему жилые районы, где, как правило, проживают работники этих предприятий.

Индивидуальные котельные, встроенные в здания или пристроенные к отапливаемым зданиям, обычно являются собственностью тех, кому принадлежат указанные здания. Кроме таких котельных в последнее время в России появились индивидуальные котельные, которые монтируются на крышах зданий.

Принадлежность тепловых сетей по праву собственности в принципе та же, что и источников тепла: обычно тепловая сеть принадлежит тому же собственнику, которому принадлежит источник тепла. Однако здесь есть свои особенности.

В случаях, когда источником тепла является ТЭЦ общего пользования или районная котельная в составе регионального акционерного общества энергетики и электрификации (АО-энерго), последнему принадлежат только магистральные тепловые сети, а распределительные тепловые сети, по которым тепловая энергия подается непосредственно в здания, являются обычно собственностью муниципалитетов.

В случаях, когда источником тепла является промышленная ТЭЦ или промышленная котельная, тепловые сети от этих источников до отапливаемых зданий обычно находятся в собственности муниципалитетов либо схема управления собственностью такая же, как и в случае с АО-энерго, то есть магистральные сети находятся в собственности

промпредприятия, а распределительные сети – в собственности муниципалитетов.

Следует отметить, что какой-то единообразной схемы управления собственностью систем ЦТ (источников тепла и тепловых сетей) в стране нет. Многое зависит от исторически сложившейся схемы финансирования строительства города и его инженерной инфраструктуры.

В период планового развития народного хозяйства в бывшем СССР действовал порядок, согласно которому ТЭЦ общего пользования и магистральные сети от этих ТЭЦ строились за средства Министерства энергетики и электрификации СССР. Промышленные ТЭЦ и котельные строились за средства того Министерства, которое строило предприятие. Коммунальные районные котельные и магистральные тепловые сети от них строились за счет средств Российского республиканского Министерства жилищно-коммунального хозяйства России.

Распределительные тепловые сети строились вместе с жилыми и общественными зданиями за средства либо города, либо промышленного предприятия, которое строило завод и жилые дома для своих рабочих. По окончании строительства объекты теплоснабжения передавались в эксплуатацию соответствующим эксплуатационным предприятиям указанных министерств и ведомств.

Впоследствии указанные объекты ЦТ были частично приватизированы или остались в государственной (субъектов Федерации) собственности либо были переданы законодательными органами субъектов Федерации в муниципальную собственность городов. Другими словами, в каждом городе имеются свои особенности, которые должны учитываться при определении собственников технологически единых систем ЦТ и их частей.

Следует отметить, что в бывшем СССР финансирование строительства распределительных тепловых сетей и жилых зданий осуществлялось комплексно и финансировалось из одного и того же источника. Поэтому сегодня муниципалитеты обычно являются собственниками и распределительных тепловых сетей, и отапливаемых от этих сетей зданий, хотя при этом источники тепла могут принадлежать другим собственникам.

Если распределительные тепловые сети являются собственностью муниципалитетов, то их обычно эксплуатируют, не являясь собственниками, муниципальные предприятия «Тепловые сети».

Имеются примеры, когда городские предприятия централизованного теплоснабжения (предприятия «Тепловые сети»), которые эксплуатируют городские котельные и тепловые сети, акционировались и стали

акционерными обществами с контрольным пакетом акций, принадлежащим городу (муниципалитету).

В соответствии с Гражданским кодексом РФ и Федеральным законом «О предприятии» энергоснабжающая организация (в том числе, теплоснабжающее предприятие) это – коммерческая организация независимо от организационно-правовой формы, осуществляющая в обслуживаемом регионе продажу потребителям произведенной и (или) купленной тепловой энергии (мощности).

Тепловая энергия при этом является товаром. Товаром является и горячая вода, которая продается энергоснабжающей организацией потребителю.

Согласно «Общероссийскому классификатору услуг населению ОК 002-93», по разделу «Коммунальные услуги» предусмотрены коммунальные услуги под кодом 042400 «Услуги теплоснабжения», которые включают:

- предоставление услуг центрального отопления,
- предоставление услуг горячего водоснабжения,
- предоставление услуг вентиляции и кондиционирования,
- теплофикацию домовладений, дачных и гаражных кооперативов,
- установку (монтаж), наладку, ремонт и обслуживание приборов учета расхода тепловой энергии,
- устройство тепловых пунктов, бойлерных,
- ремонт и обслуживание тепловых пунктов, бойлерных.

Из сказанного следует, что потребителем тепловой энергии как товара могут быть, как правило, юридические лица (предприятия, организации, компании по эксплуатации зданий) или физические лица, которые покупают у теплоснабжающей организации тепловую энергию (горячую воду) и оплачивают ее в соответствии с «Договором теплоснабжения» по показаниями установленных в многоквартирном или в индивидуальном доме счетчиков тепловой энергии и теплоносителя (горячей воды) на коммерческих сечениях тепловой сети.

С другой стороны, в жилищно-коммунальном секторе конечным потребителем следует рассматривать жителей (семью, проживающую в отдельной квартире, по западной терминологии – «домовое хозяйство»).

При существующей конструктивной и технологической схеме систем отопления в многоэтажных жилых зданиях, построенных и строящихся в России, обеспечить измерение количества тепловой энергии,

затрачиваемой на отопление одной квартиры, практически невозможно (необходима полная и дорогостоящая реконструкция отопительных систем), а измерение количества горячей воды, расходуемой жителями, требует определенных инвестиций на оснащение систем горячего водоснабжения счетчиками горячей воды в каждой квартире. Поэтому оптимальным решением, которое обеспечит эффективное теплоснабжение в муниципальном секторе, может стать заключение с жителями не «Договора теплоснабжения», а «Договора на оказание коммунальных услуг по теплоснабжению».

В этом случае тепловая энергия как товар продается одним юридическим лицом (энергоснабжающей организацией) другому юридическому лицу (собственнику жилого дома, интересы которого может представлять либо муниципальное предприятие по эксплуатации здания, если здание является собственностью муниципалитета) либо товариществу собственников жилья (если здание принадлежит гражданам), либо управляющей компании, которую может нанять собственник для решения проблем по эксплуатации здания.

Далее указанные юридические лица, став собственниками товаров (тепловой энергии и горячей воды), заключают договор на оказание коммунальных услуг по теплоснабжению уже с жителями – физическими лицами. Последними, как правило, будут (могут быть) или ответственные квартиросъемщики – наниматели жилых помещений в муниципальных зданиях, или собственники квартир (частные домовладения). Таким образом, тепловая энергия из товара трансформируется (переходит) в коммунальную услугу.

Коммунальные услуги по теплоснабжению могут оказывать и энергоснабжающие организации. В последнем случае отсутствует посредник между каждой конкретной семьей (домовладением) и энергоснабжающей организацией, как это, например, имеет место в области электроснабжения и связи, когда каждая семья и даже отдельные граждане являются клиентами соответствующих естественных монополий.

До начала реформ в жилищно-коммунальной сфере эксплуатацию жилых зданий их собственник (муниципалитет) поручал своим предприятиям, так называемым жилищно-эксплуатационным конторам (ЖЭК), жилищно-эксплуатационным управлениям (ЖЭУ), дирекциям по эксплуатации зданий (ДЭЗ) и т.п. организациям.

В настоящее время после проведения ряда мероприятий по реформированию жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) городов функции по эксплуатации жилых зданий и оказанию коммунальных услуг (в

частности, услуг по отоплению и горячему водоснабжению) стали выполнять несколько организаций.

В городах были созданы так называемые службы единого заказчика или службы муниципального заказа, которые должны по поручению собственников жилого фонда (муниципалитетов) организовать эффективную эксплуатацию зданий и оказание коммунальных услуг населению путем привлечения на конкурсной основе эксплуатационных предприятий различных форм собственности на основе предприятий малого и среднего бизнеса и частного предпринимательства. Это, по замыслу авторов реформ в ЖКХ, увеличит возможности выбора у потребителя подрядных организаций и соответственно расширит права потребителя на получение качественных, безопасных и экологически чистых услуг в соответствии с Федеральным законом РФ «О защите прав потребителей» от 07.02.92 № 2300-1.

На низовом уровне такими организациями (например, в Москве) стали ДЕЗы – дирекция единого заказчика. Новые ДЕЗы должны организовывать эксплуатацию муниципальных зданий и оказание коммунальных услуг (по теплоснабжению, водоснабжению и т.п.) силами специализированных предприятий различных форм собственности, которые имеют соответствующую лицензию и прошли конкурсный отбор.

При этом конечный потребитель коммунальных услуг (то есть житель, независимо от того, является ли он собственником квартиры или нанимает эту квартиру) снова оказался вне правового поля, когда он (житель) сам определяет, была ли предоставлена ему коммунальная услуга, какого качества и сколько он должен заплатить за эту услугу. За него (гражданина – конечного потребителя) эту функцию сегодня выполняет централизованная служба единого заказчика (ДЕЗ). Другими словами, между исполнителем и получателем коммунальных услуг вновь, как и в доперестроечный период, оказался посредник, который не заинтересован в том, чтобы потребитель не платил или платил в меньшем объеме за неисполнение или ненадлежащее исполнение услуг.

Таким образом, в России еще предстоит решить вопрос об эффективной форме взаимоотношений между поставщиками тепловой энергии и ее потребителями, при которой энергоснабжающие организации (от источников тепла до распределительной компании) будут экономически заинтересованы в увеличении объемов продаж тепловой энергии (горячей воды) и одновременно будут стремиться снижать собственные затраты на производство и передачу тепловой энергии с целью увели-

чения своей прибыли, а конечные потребители тепловой энергии (горячей воды) будут стремиться сокращать объемы потребления и платить только за то, что они получили (купили) у энергоснабжающей организации. При этом важно, какая форма взаимоотношений (договоров) выбрана потребителем.

В случае, когда в роли конечного потребителя выступает ТСЖ или физическое лицо, имеющее в собственности домовладение, вполне приемлемым может быть заключение между ним и энергоснабжающей организацией «Договора теплоснабжения», то есть договора на обеспечение теплового комфорта.

В этом случае в соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений», введенного в действие Постановлением Верховного Совета РФ от 27 апреля 1993 г. № 4872-1 с 1 июня 1993 г., должно быть обеспечено измерение количества продаваемых (отчуждаемых) товаров (в частности, тепловой энергии и горячей воды), то есть у потребителя должны быть установлены счетчики тепловой энергии и теплоносителей, удовлетворяющие требованиям Госстандарта РФ. При этом потребители тепловой энергии будут заинтересованы в установке и бесперебойной работе таких счетчиков, потому что по их показаниям будет оплачиваться финансовый счет за тепловую энергию и горячую воду.

Взаиморасчеты между управляющей компанией или предпринимателем, которые будут наняты товариществом собственников жилья, и каждой семьей, проживающей в этом доме и являющейся совладельцем дома (владельцем квартиры и части мест общего пользования в доме), могут осуществляться в соответствии с правилами, принятыми общим собранием членов ТСЖ, например пропорционально занимаемой площади квартир и количеству проживающих жителей.

В случае, когда в роли конечного потребителя будут выступать семьи, проживающие в одном доме, но имеющие различный статус с точки зрения права собственности (наниматель помещения в муниципальном доме или собственник квартиры в этом же доме), такие конечные потребители должны иметь возможность заключать «Договор на оказание коммунальных услуг» (а не «Договор теплоснабжения») с тем предприятием (организацией), которое предложит более приемлемые (с точки зрения потребителя) условия. В этом случае потребитель будет сам определять и соответственно оплачивать только те услуги, которые он реально получил.

Если услуги не предоставлены или предоставлены ненадлежащим образом, то предприятие (организация) по оказанию услуг по теплоснабжению будет иметь финансовые потери из-за невыполнения им своих обязательств. Причем, если невыполнение этих обязательств будет связано с неудовлетворительной работой других энергоснабжающих организаций (производителей тепловой энергии, транспортирующих и распределяющих компаний), то предприятие по оказанию услуг по теплоснабжению будет само (без участия жителей) выяснять эти причины и предъявлять претензии финансового характера, в том числе и через судебные органы тем организациям, которые были виновны в срыве услуг по теплоснабжению.

Таким образом, введение ясных процедур с юридически корректным оформлением договоров по всей цепочке «производство – транспорт – распределение – потребление» позволит четко определить, как работают муниципальные и другие предприятия по производству и передаче тепловой энергии и как работает нанятое муниципалитетом через службу муниципального заказа частное предприятие по оказанию услуг по теплоснабжению гражданам, которые проживают в муниципальных зданиях.

То же относится к случаю, когда коммунальную услугу по теплоснабжению будет оказывать энергоснабжающее предприятие, не являющееся собственностью муниципалитета, например АО-энерго, которое вырабатывает тепловую энергию на ТЭЦ общего пользования, транспортирует, распределяет и подает эту энергию в муниципальные здания.

Что может дать такой подход к решению проблемы повышения эффективности теплоснабжения в муниципальном секторе?

Во-первых, будет создана реальная конкурентная среда на рынке оказания коммунальных услуг по обеспечению теплового комфорта, потому что выбор подрядчика по оказанию этих услуг будут осуществлять жители, которые сами платят, а не чиновники муниципалитета в лице службы единого заказчика (службы муниципального заказа).

Во-вторых, существенно смягчается острота в решении проблемы оснащения всех потребителей тепла счетчиками тепловой энергии. Бесспорно, счетчики необходимо устанавливать, но на дом в целом, потому что обеспечить измерение тепловой энергии, затрачиваемой на отопление каждой квартиры, практически нереально. Для этого потребуются очень большие инвестиции, которые экономически не будут оправданы,

а только приведет к росту тарифов на отопление. Это не относится к счетчикам горячей воды: здесь затраты на счетчики вполне оправданы.

Из сказанного следует, что вопросы организации взаимоотношений между поставщиками и потребителями тепловой энергии с использованием эффективной системы тарифообразования имеют важнейшее значение в решении рассматриваемой проблемы. От того, какие ценовые сигналы будут поступать ко всем субъектам, участвующим в производстве, транспорте, распределении и потреблении тепловой энергии (горячей воды), во многом зависит эффективность коммунального теплоснабжения.

### **2.3. Энергосбережение – часть государственной политики России**

Для России принципиально важен перелом в тенденциях развития – переход от вектора энергетической доминанты к вектору энергоэффективности. Разумеется, этот переход не может быть осуществлен мгновенно, особенно в части изменения структуры ВВП, однако движение в этом направлении уже продемонстрировано Указом Президента России № 472 от 07.05.95 «Об основных направлениях энергетической политики Российской Федерации на период до 2010 г.», определившем в качестве одного из главных приоритетов «повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергообеспечивающий путь развития».

Энергоэффективность включает в себя три аспекта:

- энергосбережение, в том числе ликвидация потерь и снижение энергоемкости ВВП;

- энергификацию (по определению Г.М.Кржижановского) как повышение ассортимента и качества прямых и косвенных энергетических услуг;

- экоразвитие – при гармонизации отношений человека и материального производства с «экосом» путем предотвращения вредных выбросов в атмосферу за счет реализации проектов реконструкции энергетического сектора (у производителей и потребителей энергии), перехода в будущем к бестопливной энергетике.

Потенциал энергосбережения в России достаточно велик, достигает 30% объема добываемых ТЭР, т.е. масштаб возможной экономии энергоресурсов за период 1998 – 2005 гг. составит 350 – 400 млн т у т, дос-



тигнув к 2010 г. ежегодной величины 200 – 250 млн т у т, в т.ч. 100 – 200 млрд кВт · ч электроэнергии [10].

Снижение энергоемкости в промышленности будет происходить как за счет восстановления общего объема производства, так и за счет повышения доли неэнергоемких отраслей.

К сожалению, опыт прошедших лет показал, что для России общепринятые в мировой практике стимулы энергосбережения срабатывают плохо. Так, несмотря на увеличение тарифов на электроэнергию к концу 1998 г. по сравнению с 1990 г. в 16,0 тыс. раз, цены на продукцию промышленности выросли еще больше, в 18,5 тыс. раз. Поэтому доля затрат на энергию, хотя и выросла в среднем по всем отраслям в 1,5 – 2 раза (в основном за счет недогрузки мощностей), но составляет в целом по промышленности менее 10% (лишь в цветной металлургии и нефтехимии 13 – 17%). В связи с этим ценовой фактор не привел к снижению удельных расходов топлива и энергии.

Прошедший период реализации энергосберегающих приоритетов новой энергетической политики был связан главным образом с созданием нормативно-законодательной базы, организацией энергоаудита в первую очередь на предприятиях социальной сферы и поддержкой производства приборов учета и регулирования потребления различных энергоносителей.

Так, в апреле 1996 г. был принят Федеральный закон «Об энергосбережении», который, хотя и носит рамочный характер, стимулировал принятие уже в 47 регионах страны более конкретных нормативно-правовых актов, содержащих условия государственных гарантий и другие меры экономической и финансовой поддержки энергосбережения, в т.ч. создания соответствующих 12 региональных фондов энергосбережения. Сегодня только на федеральном уровне действует 60 нормативно-правовых актов в сфере энергосбережения и около 200 – в регионах.

Активно включаются в эту работу хозяйственные структуры ТЭК. Так, РАО «ЕЭС России», 56 АО-Энерго, РАО «Газпром», АК «Транснефть» и «Транснефтьпродукт» разработали и приняли отраслевые программы действий по энергосбережению. Экономия топлива в электроэнергетике составила в 1998 г. более 1,1 млн т у т, в 12 энергосистемах начата работа по управлению спросом у потребителя за счет средств АО-Энерго.

В соответствии с нормами Федерального закона начата активная работа по энергоаудиту. Только органы Госэнергонадзора России провели

в 1998 г. около 45 тыс. энергетических обследований, в т.ч. 238 объектов федеральной собственности, завершающихся подготовкой соответствующих энергетических паспортов предприятий.

Установление лимитов бюджетным организациям по результатам энергоаудита позволяет сократить расходы только федерального бюджета на 8,4 млрд руб. Региональные власти вложили в энергосбережение в прошлом году более 1 млрд руб., за счет чего сэкономлено 3,7 млн т у т.

Важным результатом реализации программы «Энергосбережение России» является достигнутый объем производства приборов учета энергоносителей. Так, выпуск расходомеров и счетчиков воды и тепла увеличился за последние два года более чем на одну треть. Сегодня отечественные заводы производят практически всю номенклатуру, и в достаточном количестве, необходимых приборов учета газа, тепла, горячей воды и электроэнергии. Задача заключается в том, чтобы оснастить этими приборами всех потребителей, ибо пока учетными средствами оборудовано 50% электроприемников, менее четверти – бытовых потребителей газа, еще меньше установлено водосчетчиков.

Очень важно понимать, что главное – не экономить, а разумно использовать наше энергетическое богатство, дать населению за счет электрификации и энергофикации быта широкий ассортимент энергетических услуг и обеспечить их качество.

Достаточно сказать, что до недавнего времени российские граждане широко использовали лишь 20 – 25 видов различных типов электробытовых приборов, в то время как в индустриально развитых странах этот ассортимент насчитывал свыше 100 видов, а общий список таких приборов – более 300 наименований. Электрофицированный инструмент в промышленности, различные бензиновые агрегаты малой механизации в садоводстве и сельском хозяйстве, электронная и компьютерная техника существенно расширяют новые энергетические услуги населению, повышая уровень электрификации и энергофикации жизни.

Если традиционно энергетика – внешний источник, то новый, нетрадиционный, подход как бы встраивает ее в потребительские товары, придавая им новое качество. И сама энергетика приобретает иной вид, базируясь на компактных аккумуляторах и солнечных батареях, теплонасосах, химических источниках тепла, возобновляемых источниках жизни и других бестопливных экологически чистых энергоисточниках. Разумеется, придется и само производство энергоисточников, и их утилизацию делать экологически безопасными, но так как их

масштабы несоизмеримо малы, то эти проблемы будут, очевидно, решаться проще.

Активное использование автономной бестопливной энергетики не снимает с повестки дня вопрос о необходимости реконструкции обычных ТЭС с целью снижения выбросов вредных веществ в окружающую среду. Это будет достигаться как за счет технической модернизации установок, улавливающих эти вещества в самом энергопроизводстве, так и за счет перевода ТЭС на более экологически чистое топливо. Ожидается, что эти меры дадут до 30% сокращения возможных выбросов углекислого газа по нашим обязательствам в соответствии с Киотским соглашением 1997 г. Большая часть выбросов будет все же предотвращена за счет реализации энергосберегающих проектов.

Таким образом, повышение энергоэффективности дает существенный эколого-экономический эффект и является главным направлением экоразвития и гуманитаризации энергетики.

Постановлением Правительства РФ от 15.06.98. № 588 впервые организациям бюджетной сферы дан реальный стимул к экономии энергии – предоставлено право оставлять в своем распоряжении сэкономленные денежные средства на срок окупаемости энергосберегающих мероприятий плюс один год. Для того, чтобы это право было реализовано, необходима методика прямого действия. Главное, что должно быть раскрыто в этой методике, – механизм формирования и использования стоимости сэкономленных энергетических ресурсов организациями для энергосбережения.

В целях уточнения реального уровня энергопотребления на объектах федеральной бюджетной сферы Минтопэнерго России профинансировало и организовало в 1998 г. энергетические обследования 52 объектов федеральной собственности. В результате проведенных работ установлено, что потенциал энергосбережения на обследованных объектах составляет по тепловой энергии около 30% от общего потребления этой группой объектов и около 17% – по электрической. Сроки окупаемости затрат оцениваются в один – три отопительных сезона.

Другим необходимым условием энергосбережения является создание системы лимитирования потребления топлива и энергии организациями, финансируемыми из средств федерального бюджета. Здесь преследуются две цели – снижение и упорядочение расходов, связанных с использованием энергетических ресурсов федеральными бюджетополучателями. Минтопэнерго России разработана нормативно-правовая

основа лимитирования в 1998 г.: по электроэнергии – на 15%, по теплу – на 20%. В результате проведенной работы с федеральными органами исполнительной власти оплата за использованные энергоресурсы денежными средствами возросла с 12 до 17% при снижении общего энергопотребления на 8 – 10% и сокращении расходов федерального бюджета на 8,4 млрд руб.

Вместе с тем эффективность от проведения работ реализуется не в полной мере по причине бюджетного недофинансирования. По отдельным бюджетным отраслям эта цифра достигает 60%. Отсюда долг потребителей энергии федеральной бюджетной сферы энергоснабжающим организациям. На начало 1999 г. он равен 18,2 млрд руб., что соответствует примерно их годовому бесплатному энергопотреблению.

Наиболее остро ощущают необходимость конкретных действий в этой области регионы и прежде всего органы местного самоуправления, ибо именно там реализуются основные направления программы. В этой связи Минтопэнерго России всячески содействовало разработке региональных программ энергосбережения, созданию региональных внебюджетных фондов, внедрению других эффективных механизмов энергосбережения.

Пока медленнее, чем хотелось бы, идет процесс энергетических обследований бюджетных предприятий и организаций, подведомственных федеральным органам исполнительной власти. Формально указываемая причина – отсутствие необходимых средств. Однако эти работы не являются просто затратными: если обследование завершается рекомендациями по повышению эффективности (энергосбережению), то затраты на энергетическое обследование окупаются за счет экономии бюджетных средств при обоснованном лимитировании потребления энергии и ТЭР.

Было бы весьма полезно разработать «Комментарий к Федеральному закону “Об энергосбережении”», который обеспечил бы толкование основных требований и положений закона.

Крайне необходимо продолжить совершенствование системы стандартов в области энергоэффективности и энергосбережения. Необходимо также организовать разработку стандартов энергопотребления.

Главной идеей региональных программ энергосбережения должна быть «разработка и внедрение системы управления энергосбережением и энергоэффективного механизма (модели) хозяйствования в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве как одного из инструментов динамического развития экономики и социальной сферы регионов РФ».

Основными результатами при реализации в регионе такой модели хозяйствования должны стать:

- сокращения расходов регионального бюджета по топливно-энергетическим ресурсам;
- снижение энергоемкости промышленной продукции, производимой в области, и повышение ее конкурентоспособности;
- увеличение доходной части регионального бюджета за счет роста промышленного производства, в том числе энергоэффективных материалов и оборудования;
- контроль и оптимизация финансовых потоков в ТЭК и ЖКХ, решение проблемы неплатежей;
- введение гибкой тарифной политики, направленной на стимулирование энергосбережения, с учетом административного контроля над тарифообразованием в условиях рыночной экономики;
- повышение эффективности производства, передачи, распределения и потребления энергоресурсов;
- повышение инвестиционной привлекательности региона;
- укрепление энергетической независимости региона;
- повышение надежности систем жизнеобеспечения;
- улучшение экологической обстановки в области, в частности сокращение выбросов в атмосферу продуктов сгорания и парниковых газов.

Крупнейшим потребителем топлива и энергии и производителем свыше 30% тепловой энергии в России является жилищно-коммунальный сектор. Ежегодная потребность в расходах на ЖКХ составляет от 35 до 50 и более процентов муниципальных бюджетов. Затраты государства на поддержку этой отрасли – 16,7% федерального бюджета.

Понятно, что здесь, как нигде, нужны энергосберегающие мероприятия, и начало им в большей степени положено программой «Энергосбережение России» и подпрограммой «Энергосбережение в ЖКХ». На 1 января 1999 г. оснащенность приборами учета жилищно-коммунального хозяйства составила: по теплу – 9,8%, по газу – 19,4%, холодной воде – 6,4%. Наиболее активно развернуты работы в республиках Башкортостан, Коми, Удмуртия, краях – Краснодарском, Ставропольском, Алтайском, областях – Астраханской, Волгоградской, Ярославской, Сахалинской. В целом, по данным 72 субъектов РФ, в 1998 г. величина сэкономленного топлива и энергии в сфере ЖКХ составила

3,7 млн т у т. А комплексный подход к реформированию отрасли, выполнение работ по энергосбережению позволяют, как показывает практика, снижать затраты на услуги ЖКХ от 15 до 40%.

Но и в этом направлении выполнения программы есть много нерешенных вопросов, которые предстоит выполнять всем заинтересованным министерствам, ведомствам, а также коммерческим и некоммерческим организациям.

Серьезной остается проблема внебюджетных источников финансирования энергосберегающих проектов в рамках программы. Какие здесь существуют резервы?

Прежде всего, это внебюджетное финансирование программы «Энергосбережение в ТЭКе», предусматривающее включение в тарифы абонентской платы РАО «ЕЭС России» и цену на газ ОАО «Газпром» энергосберегающей составляющей. Реализация этого механизма обеспечит привлечение внебюджетных средств в объеме около 1 млрд руб. в год.

Другой источник – региональные фонды энергосбережения, за счет которых возможно привлечение 4,5 млрд руб.

Далее – реализация механизма вовлечения средств естественных монополий ТЭК, полученных от внедрения энергосберегающих мероприятий, за счет сохранения цен и тарифов на их продукцию (услуги) на период, превышающий один год срок окупаемости затрат на энергосбережение.

Привлечение дополнительных ресурсов возможно за счет перераспределения средств населения за коммунальные услуги на энергосервисное обслуживание. Реализация этого механизма позволит сократить расходы основных бюджетов за счет уменьшения затрат на топливно-энергетические ресурсы, а также облегчит финансовый пресс на население при реализации решений по уменьшению перекрестного субсидирования и реформирования ЖКХ.

## **2.4. Нормативно-правовая база энергосбережения**

### **2.4.1. Энергетическая политика России**

Основные направления энергетической политики разработаны Правительством РФ и утверждены Указом Президента РФ № 472 от 07.05.95. В соответствии с этим Указом для устойчивого обеспечения Российской Федерации энергоносителями, создания условий стабильного и эффективного развития топливно-энергетического комплекса,

проведения согласованной энергетической политики на федеральном и региональном уровнях, повышения эффективности добычи (производства), преобразования, транспортировки, распределения и использования топливно-энергетических ресурсов Правительству РФ поручено разработать и утвердить в установленном порядке Федеральную целевую программу «Топливо и энергия». Приоритеты энергетической политики РФ:

- устойчивое обеспечение страны энергоносителями;
- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики на энергосберегающий путь развития;
- создание надежной сырьевой базы и обеспечение устойчивого развития топливно-энергетического комплекса в условиях формирования рыночных отношений;
- уменьшение негативного воздействия энергетики на окружающую природную среду;
- поддержание экспортного потенциала топливно-энергетического комплекса и расширение экспорта его продукции;
- сохранение энергетической независимости и обеспечение безопасности Российской Федерации.

Главной целью энергетической политики России является определение путей и формирование условий наиболее эффективного использования энергетических ресурсов и производственного потенциала ТЭК для подъема благосостояния граждан и социально-экономического возрождения страны. Главной задачей энергетической политики на этапе до 2010 г. является структурная перестройка отраслей топливно-энергетического комплекса, предусматривающая:

- увеличение доли природного газа в суммарном производстве энергетических ресурсов и расширение его использования в экологически неблагоприятных промышленных центрах и для газификации села;
- дальнейшее развитие электрификации, в т.ч. за счет экономически и экологически обоснованного использования атомных и гидроэлектростанций, нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- стабилизацию добычи нефти в Западной Сибири и других регионах, создание условий для формирования новых нефтегазодобывающих регионов;
- увеличение производства высококачественных светлых нефтепродуктов за счет повышения эффективности переработки нефти;

- обеспечение необходимых объемов добычи угля с учетом экономических, социальных и экологических факторов, дальнейшее развитие углеобогащения и комплексной переработки угля с целью получения экологически приемлемых и конкурентоспособных продуктов, в т.ч. высококачественного бытового топлива;

- расширение использования местных топливно-энергетических ресурсов, включая нетрадиционные возобновляемые источники энергии;

- реализацию потенциала энергосбережения за счет создания и внедрения высокоэффективного топливно- и энергопотребляющего оборудования теплоизоляционных материалов и строительных конструкций.

Энергетическая стратегия России фокусирует внимание не на определении параметров процесса развития ТЭК, а на формировании среды и условий, при которых этот процесс развивался бы в нужном направлении. В связи с этим количественные оценки имеют здесь прогнозный характер.

Новая региональная энергетическая политика сочетает естественное стремление регионов к самоуправлению и самообеспечению конечными энергоносителями с сохранением единства ТЭК России как важнейшего фактора хозяйственной и политической интеграции страны.

Интересы регионов будут удовлетворяться путем расширения их доли собственности в основных фондах энергетических объектов федерального значения и прав в экономическом управлении этими объектами при сохранении единства технологического управления.

Региональная энергетическая политика будет учитывать принципиальные различия условий энергоснабжения и структуры топливно-энергетического баланса различных зон страны – северных, южных, центральных районов европейской части России, Урала, Сибири, Дальнего Востока и районов Крайнего Севера.

Главным средством достижения целей и реализации приоритетов энергетической стратегии является формирование энергетического рынка, контролируемого государством с помощью:

- ценовой и налоговой политики, обеспечивающей постепенный переход к ценам на топливо, соответствующим в качестве верхнего предела ценам мирового рынка, а нижнего – ценам самофинансирования предприятия;

- последовательного формирования конкурентной среды в энергетике путем создания полноценных хозяйственных субъектов рынка и рыночной инфраструктуры;



- совершенствования законодательства и разработки системы нормативных актов в виде энергетического кодекса РФ, регулирующего взаимоотношения субъектов энергетического рынка между собой и с органами государственного управления.

В рамках контролируемого рынка должно обеспечиваться:

- создание стимулов для энергосбережения и повышения эффективности производства и использования энергии;
- проведение активной инвестиционной политики путем создания условий для самофинансирования топливно-энергетических предприятий и расширения круга инвесторов, для минимизации бюджетных вложений;
- либерализация экспорта энергоресурсов и импорта энергетического оборудования при сохранении государственного контроля за соблюдением интересов страны.

#### ***2.4.2. Нормативно-правовая база энергосбережения***

Важной, если не решающей, составляющей комплекса антикризисных мер, которые осуществляются и будут осуществляться в ближайшее время, является энергосберегающая политика. Работа в этом направлении ведется особенно интенсивно в последние несколько лет, и она будет вестись все возрастающими темпами, так как энерго- и ресурсосбережению альтернативы нет.

Энергосбережение – начальный этап структурной перестройки всех отраслей хозяйства страны.

Необходимо создать такие условия, которые бы определяли интерес к энергосбережению всех участников процесса – органов власти, энергоснабжающих организаций, потребителей, финансовых структур и т.д.

Для этого требуется нормативно-законодательная основа деятельности, которая имеет следующий иерархический вид:

- Конституция Российской Федерации.
- Гражданский кодекс Российской Федерации и Кодекс РСФСР об административных правонарушениях.
- Федеральные законы, принимаемые Государственной Думой РФ.
- Указы Президента РФ.
- Постановления и решения Правительства РФ.
- Региональные законы и постановления (решения) администрации регионов.
- Постановления и решения муниципальных образований.

- Приказы и распоряжения руководителей предприятий и организаций всех форм собственности.

Конституция Российской Федерации, принятая 12 декабря 1993 г., разделила полномочия между федеральными и иными органами власти. К местному самоуправлению относится ведение, использование и распоряжение муниципальной собственностью, право устанавливать местные налоги и сборы.

В соответствии со ст. 73 и 76 вне пределов ведения Российской Федерации и полномочий Российской Федерации по предметам совместного ведения Российской Федерации и субъектов Российской Федерации субъекты Российской Федерации обладают всей полнотой государственной власти, включая правовое регулирование, принятие законов и иных нормативных актов. Важно, чтобы все эти акты не противоречили федеральным законам. Это обстоятельство отдает вопросы регулирования в области электроэнергетики на уровне АО-энерго и ниже в ведение субъектов Федерации.

Гражданский кодекс Российской Федерации (§6. Энергоснабжение, ст. 539 – 548) рассматривает правила заключения договора энергоснабжения, в т.ч. с населением, правила изменения и расторжения такого договора; методы учета качества поданной потребителю энергии; необходимость поддержания стандартов качества электрической энергии; обязанности покупателя по содержанию, эксплуатации сетей, приборов и оборудования; ответственность по договору энергоснабжения. Впервые в Гражданском кодексе РФ косвенно отражена реальная экономическая ответственность энергоснабжающей организации за ущерб, нанесенный потребителю в результате перерывов в энергоснабжении.

Кодекс РСФСР об административных правонарушениях (ст.90) устанавливает ответственность руководителей предприятий, учреждений, организаций за расточительное расходование электрической и тепловой энергии.

В настоящее время на федеральном уровне приняты два закона:

- Федеральный закон «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» №41-ФЗ от 14.04.95.

- Федеральный закон «Об энергосбережении» №28-ФЗ от 03.04.96.

Федеральный закон «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» определил:

- сущность государственного регулирования тарифов (государственное установление тарифов на электрическую и тепловую энергию для всех поставщиков, независимо от их организационно-правовых форм);

- цели государственного регулирования тарифов, в т.ч. защиту потребителей, согласование интересов поставщиков и их потребителей энергии, стимулирование энергосбережения, обеспечение права выхода на оптовый рынок всем производителям электрической энергии, усиление конкурентных начал в электроэнергетике;

- принципы государственного регулирования тарифов, в т.ч. экономическую обоснованность затрат и прибыли поставщиков энергии, открытость экономической информации в области производства и транспорта энергии, создание условий для привлечения отечественных и иностранных инвестиций;

- полномочия Правительства России и органов исполнительной власти субъектов Федерации в области регулирования тарифов (за федеральными органами закрепляется нормативно-методическая база деятельности органов по регулированию тарифов на оптовом рынке, а за региональными органами – на розничном рынке, т.е. непосредственно для потребителей).

В Законе в качестве его целей провозглашены:

- создание механизма соблюдения интересов производителей и потребителей электрической и тепловой энергии;

- создание экономических стимулов, обеспечивающих использование энергосберегающих технологий в производственных процессах.

Вместе с тем в Законе ничего не сказано о дифференцированных тарифах, которые являются мощным рычагом энергосбережения, и ничего нет об учете в тарифах принципов и результатов использования тарифной политики для энергосбережения.

Кроме того, в Законе о регулировании тарифов прописана нормативно-методическая основа деятельности органов государственного регулирования; вопросы формирования ФЭК и РЭК; правовой статус ФЭК как самостоятельного юридического лица; полномочия ФЭК и РЭК; порядок разрешения разногласий и споров, возникающих при государственном регулировании тарифов и др.

Федеральный закон «Об энергосбережении» провозглашает основные принципы энергосберегающей политики государства, рыночно-ориентированные механизмы ее осуществления: экономические и финансовые механизмы энергосбережения, стандартизацию и сертифика-

цию оборудования, требования к энергетическим обследованиям и к учету потребляемых энергоресурсов, а также льготы, связанные с осуществлением энергосберегающих мероприятий. К сожалению, Закон «Об энергосбережении» носит в основном декларативный характер. Он не имеет прямого действия.

В Указе Президента РФ «О необходимых мерах по государственному регулированию естественных монополий в Российской Федерации» №220 от 28.02.95 устанавливается необходимость образования федеральных органов исполнительной власти по регулированию естественных монополий, в т.ч. в сфере производства и передачи тепловой энергии, и дается поручение Правительству представить предложения о создании федеральной службы по регулированию естественных монополий в топливно-энергетическом комплексе.

7 мая 1995 г. Президент РФ своим Указом №472 утвердил «Основные направления энергетической политики Российской Федерации на период до 2010 г.». В этом Указе Правительству РФ было поручено одобрить «Энергетическую стратегию России (основные положения)», а также разработать и утвердить федеральную целевую программу «Топливо и энергия» на 1996 – 2000 гг., предусмотрев в ней меры по структурной перестройке ТЭК в целях обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения страны, развитию сырьевой базы ТЭК РФ, реализации энергосберегающей политики, обеспечению энергетической независимости и безопасности РФ поддержанию ее экспортного энергетического потенциала.

Указом Президента РФ «О федеральной энергетической комиссии Российской Федерации» №1194 от 29.11.95 установлен новый статус ФЭК – ей предоставлен ряд прав, которыми располагает Минтопэнерго России, в т.ч. участие в разработке и проведении энергетической политики Правительства, формировании и утверждении балансов мощности и энергии по регионам России, разработке экономических стимулов, обеспечивающих использование энергосберегающих технологий.

За последние 3 – 4 года вышел ряд постановлений Правительства России, связанных с электроэнергетикой и энергосбережением. Наиболее интересные из них следующие:

- Постановление Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению» №1087 от 02.11.95.

К сожалению, это постановление во многом носит декларативный характер. Однако в нем предусмотрены и некоторые конкретные организационные меры, в т.ч.:

- пересмотреть и утвердить в первом полугодии правила учета электрической и тепловой энергии, в эти же сроки утвердить положение о регулярном проведении энергетических обследований предприятий, которые используют энергетические ресурсы в объеме более 6 тыс.т у т в год;

- создать в 1995 – 1996 гг. банк данных о новейших, в т.ч. конверсионных, разработках, повышающих эффективность использования энергоресурсов;

- при разработке и пересмотре государственных стандартов включить в них показатели эффективности использования, соответствующие мировому уровню.

Ответственность за политику в области энергосбережения этим постановлением возложена на Минтопэнерго России.

• Постановление Правительства РФ «О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности) № 793 от 12.07.96.

Постановлением утверждены основные принципы функционирования и развития федерального (общероссийского) оптового рынка электрической энергии (мощности), которые определяют методические, организационные и правовые вопросы его работы, порядок взаимоотношений субъектов оптового рынка в период становления конкретного рынка электрической энергии и предназначены для органов исполнительной власти и коммерческих организаций независимо от их организационно-правовой формы, деятельность которых связана с функционированием и развитием федерального (общероссийского) оптового рынка электрической энергии (мощности).

• Постановление Правительства РФ «Об основах ценообразования и порядке государственного регулирования и применения тарифов на электрическую и тепловую энергию» № 121 от 04.02.97.

Этот законодательный акт точно определил субъектов оптового и розничного рынка и их обязанности.

Для реализации энергосберегающей политики в регионах создается региональная нормативно-правовая база по энергосбережению.

Государственной Думой Томской области принят пакет документов нормативно-правовой базы по энергосбережению, в т.ч. Закон Томской области «Об основах энергосбережения на территории Томской области» №400 от 28.01.97 и Закон Томской области «Об обеспечении элек-

трической и тепловой энергией потребителей Томской области» № 103 от 02.07.98.

Принят пакет документов и администрацией Томской области. Некоторые нормативные акты находятся в процессе рассмотрения или разработки.

Следует отметить, что в России отсутствует опыт нормативно-творческой деятельности для условий формирования рыночных отношений. В то же время за рубежом накоплен огромный опыт принятия законов и нормативных актов в области энергосбережения, прежде всего в США и Германии.

По линии Проекта TACIS была проведена экспертиза пакета документов нормативно-правовой базы по энергосбережению, принятых и находящихся на рассмотрении как законодательной, так и исполнительной власти. Экспертиза проведена компанией «Inno Tec» (г. Берлин, Германия) – эксперт М. Бреге (M. Broge). По мнению эксперта, нормативно-правовая база по энергосбережению Томской области является одной из лучших в России. Замечания и предложения М. Бреге будут использованы для изменения и дополнения уже принятых документов, а также для доработки рассматриваемых. Совместно разработана нормативно-правовая база энергосбережения для муниципальных образований. По результатам совместной работы подготовлена «Корректировка нормативно-правовой базы энергосбережения Томской области на региональном и муниципальном уровнях с учетом экспертизы Проекта TACIS «Восточные энергетические центры», которая по линии Проекта TACIS будет передана в Минтопэнерго России для дальнейшего использования в регионах России.

#### ***2.4.3. Мировой опыт энергосбережения***

На государственном уровне меры регулирующего воздействия на энергопотребление появились в промышленно развитых странах после возникновения в 1973 г. кризисной ситуации в нефтеснабжении [16].

В нашей стране в тот период это событие получило определение первого «энергетического кризиса в капиталистическом мире». Чтобы выйти из сложившейся ситуации, этими странами были приняты меры запрещающего характера, направленные на снижение расхода моторного топлива, введение ограничения на скорость движения автомобильного транспорта, на продажу бензина для личных автомобилей в выходные дни, на световую рекламу, объем ночного освещения и др.

Все эти действия вряд ли можно назвать популярными и соответствующими правам человека. Поэтому взамен подобных непопулярных мер началась и продолжается до сих пор разработка и реализация на государственном уровне комплекса административно-законодательных мер, направленных на повышение эффективности использования топлива и энергии в различных сферах экономики и, следовательно, на обеспечение своей энергетической безопасности.

Первый закон об энергосбережении был принят в Федеративной Республике Германии 28 июля 1976 г. Он регулировал следующие направления деятельности:

- теплоизоляция зданий,
- энергосбережение отопительных установок,
- распределение оплаты за отопление.

Вызвано это было тем, что именно здесь сосредоточен основной потенциал энергосбережения. Так, в ФРГ треть всего первичного потребления энергии составляют отопление и горячее водоснабжение.

В 1982 – 1986 гг. во Франции, Бельгии, Дании был сделан существенный прорыв в области управления спросом на энергию с целью ее экономии посредством введения новых систем тарифов, отличающихся от предыдущих более широкой дифференциацией по различным критериям. Новые тарифы на электроэнергию стимулируют снижение нагрузки потребителей в период зимнего максимума за счет действия льготных тарифов в остальное время года. Благодаря широкой дифференциации тарифов, пиковая энергия в определенных условиях стоит более чем в 20 раз дороже базовой, а в летнее время в отдельных тарифных зонах электроэнергия отпускается потребителям по ценам ниже среднегодовой себестоимости по энергосистемам. Широкая дифференциация тарифов привела к существенному изменению графика энергосистемы Франции: появился третий суточный максимум нагрузки около 1-го часа ночи.

В США действует широкий спектр федеральных актов и законов штатов, регулирующих отношения производителей и покупателей энергии и энергоресурсов. Защита прав потребителей осуществляется активно развитой юридической и судебной практикой.

В Японии законодательство в области энергетики формировалось непосредственно после Второй мировой войны под влиянием американского опыта. Его результативность подтверждается тем, что Япония, не имея собственных энергетических ресурсов, стала одной из самых

энергоэффективных стран мира. Энергоемкость валового продукта Японии более чем в 3 раза ниже, чем в России.

Основными из законодательных мер, используемых в настоящее время правительствами европейских стран, при наличии свободных цен на топливо и регулируемых государством в большинстве стран тарифов на энергию, можно назвать:

- меры финансового (фискального) характера, поощряющие энергосбережение,
- организацию рекламно-информационных и пропагандистских компаний,
- внедрение и периодическое ужесточение стандартов энергоэффективности и системы маркировки энергопотребляющего оборудования и приборов,
- поддержку и проведение энергетических обследований,
- поддержку новых исследований и разработок в сфере энергосбережения.

### **2.5. Потенциал энергосбережения**

Различные оценки эффективности использования топлива и энергии в мировой практике ведутся давно. Приведем оценки полезного использования энергии, расходуемой во всем мире. Электроэнергетика, по разным оценкам, использует 30 – 35% энергии, содержащейся в ископаемом топливе, теряется почти 70% этой энергии. Около 55% энергии, используемой в черной металлургии, расходуется эффективно. На транспорте дело обстоит совсем неблагоприятно: только 25% поступающей этому потребителю энергии расходуется по назначению, а 75% теряется. В тех отраслях, в которых энергия используется не в первичной форме, а как преобразованная энергия (электрическая, тепловая и др.), для приведения в действие машинного оборудования достигаются лучшие показатели, и, по оценкам, коэффициент использования энергии в них составляет обычно 70 – 75%. В результате в целом менее 50% всей энергии, расходуемой в мире, используется эффективно, а остальную часть составляют потери энергии при превращениях, на тепловое излучение, с охлаждающей водой и т.д. [16]. Несмотря на то, что мы знаем, сколько энергии расходуется различными видами технологических процессов, трудно определить, какое количество энергии можно было бы сэкономить при использовании энергосберегающих конструкций оборудования для осуществления этих технологических процессов.



Еще более важно то, что мы не располагаем средствами прогнозирования способности юридических и физических лиц осуществлять программы энергосбережения в добровольном или принудительном порядке.

Много различных факторов влияет на использование энергии для тех или иных вариантов производства конечной продукции или услуги (в виде горячей воды, отопления, освещения и т.д.). Все эти факторы можно разделить на две группы: субъективные и объективные.

Под субъективными следует понимать:

- упорное желание как отдельных людей, так и большинства групп потребителей сохранять расточительное отношение к расходу топлива и энергии вследствие недостаточной грамотности;

- отсутствие понимания у большинства населения, что мы уже сейчас регулярно сталкиваемся дефицитом топлива и энергии, а освоение новых источников энергии в больших масштабах реализовать не удастся. Часть этого дефицита энергии должна компенсироваться мероприятиями по энергосбережению;

- отсутствие в мировой практике *энергетического кодекса*, то есть свода правил, учет которых обязателен при производстве и потреблении энергии.

Приведем несколько таких правил:

- организация новых рабочих мест в энергосберегающем секторе производства более полезна, привлекательна и безопасна, чем создание новых рабочих мест в угольной шахте;

- сэкономленная тонна топлива в 2 – 3 раза ниже по себестоимости, чем вновь добытая из земли;

- мероприятия по обеспечению сбережения энергии должны оставаться основными элементами всех настоящих и будущих энергетических стратегий.

Объективные факторы, влияющие на эффективность использования энергии:

- капитальные затраты и затраты на топливо;

- издержки производства и издержки на техническое обслуживание и технический ремонт;

- надежность оборудования;

- наличие ресурсов топлива, затраты труда;

- социальные факторы (охрана окружающей среды, охрана труда и др.).

Россия сохраняет за собой роль одной из ведущих энергетических держав мира. Она полностью обеспечивает свои внутренние энергетиче-

ческие потребности за счет собственных ресурсов. Ежегодно наша страна поставляет на экспорт порядка 400 млн т органического топлива в условном исчислении. Но столь радужные возможности ресурсной обеспеченности российского топливно-энергетического комплекса серьезно омрачаются крайне низким уровнем эффективности использования топлива и энергии в большинстве сфер экономики. Удельная энергоемкость валового внутреннего продукта в России в 1995 г. была практически втрое выше среднемирового показателя и составляла 1300 кг у т в расчете на 1000 долл. США. То есть, находясь в одном мировом экономическом пространстве, российский производитель затрачивает на производство продукции в среднем в три раза больше энергии, чем усредненная среднемировая страна. Поэтому осуществление целенаправленной энергосберегающей деятельности в стране имеет огромный экономический, социальный, экологический и политический эффект. Более того, Россия занимает только 8 – 10-е места по количеству разведанных легкодоступных запасов органических топлив.

Впервые суммарный потенциал энергосбережения в России был оценен по состоянию на 1995 г. в 350 – 450 млн т у т, примерно половина всего объема потребления первичных энергетических ресурсов. Согласно федеральной целевой программе «Энергосбережение России», из указанного энергетического потенциала страны к 2010 г. должно быть реализовано в общей сложности порядка 400 млн т у т. Структура энергосбережения (рис. 2.1) оценивается нами следующим образом (млн т у т):

- промышленность – 110;
- топливно-энергетический комплекс – 90;
- жилищно-коммунальное хозяйство – 140;
- транспорт – 40;
- сельское хозяйство – 20.

В промышленности наибольшую часть экономии энергоресурсов намечено обеспечить за счет структурных преобразований (ликвидация энергоемких звеньев производства продукции и др.), а в топливно-энергетическом комплексе – в результате технологического прогресса. В жилищно-коммунальном комплексе до половины всей энергии намечено сберечь за счет организационных мер и перехода на поквартальный учет расхода энергоресурсов.

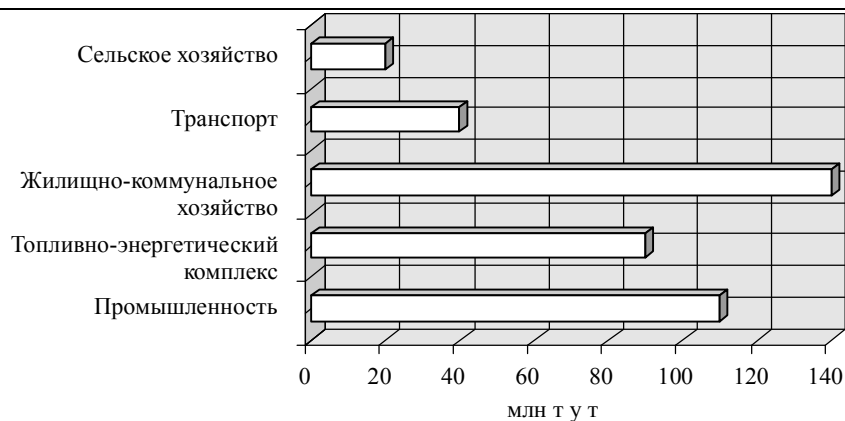


Рис. 2.1. Структура энергосбережения

В российских регионах потенциал энергосбережения во многом зависит от уровня развития топливного сектора в экономике региона, от освоенности местных видов топлива, от наличия законодательной базы, помогающей развитию экономических механизмов, способных изменить отношение потребителей энергии к ее расходованию.

В среднем в каждом регионе потенциал энергосбережения составляет около 4 – 5 млн т у т.

### 2.6. Управление спросом на энергию

Сущность управления спросом заключается в целенаправленном и планомерном воздействии энергокомпании на объемы, структуру и режимы энергопотребления в обслуживаемом регионе [22]. В связи с этим подчеркнем, что управление спросом – ключевой элемент маркетинга в энергетике. Обобщая определения, даваемые зарубежными компаниями, активно занимающимися управлением спросом в последние годы, можно сформулировать его цель следующим образом: улучшить обслуживание при снижении затрат потребителей и одновременном повышении собственных прибылей с уменьшением экономического риска.

Важно, что при этом повышение эффективности использования энергии и развитие генерирующих мощностей компании рассматриваются как взаимодополняющие способы энергообеспечения потребителей. Сэкономленная энергия выступает в качестве дополнительного ре-

сурса, замещающего выработку на новых установках. В результате активного воздействия на формирование спроса на энергию и мощность энергетическая компания получает возможность обеспечить дополнительные энергетические потребности в любом секторе своего региона с минимальными издержками.

В такой постановке управление спросом осуществляется в рамках прогрессивного подхода к планированию энергосистем – метода «интегрированного планирования энергетических ресурсов», получившего наибольшее распространение в США. В его основу положен принцип согласования интересов энергокомпании, потребителей и региона (долгосрочных общественных интересов).

Мотивация энергокомпании к управлению спросом формируется посредством как внешних факторов, так и целенаправленного стимулирования со стороны региональных регулирующих органов. Таким образом, создается двухуровневая система регулирования энергоиспользования, согласующая интересы энергокомпаний, потребителей и региона в целом.

В числе внешних факторов наиболее важными в современных условиях являются:

- растущие затраты на сооружение и эксплуатацию новых электростанций;
- неопределенность будущего спроса на энергию;
- усиление конкуренции со стороны независимых (внесистемных) источников электро- и теплоэнергии;
- регулирование тарифов на энергию.

Вместе с тем имеются такие важные предпосылки, как наличие значительного потенциала энергосбережения в различных секторах народного хозяйства и относительно низкие затраты и сроки окупаемости инвестиций, и повышение эффективности энергоиспользования. В среднем сэкономленный киловатт-час электроэнергии стоит в 5 раз дешевле, чем произведенный [22].

Следует подчеркнуть, что столь значительный разрыв в эффективности инвестиций в производство и энергосбережение делает вложение средств в экономию энергии для энергокомпаний более привлекательным, чем для самих потребителей, которые ориентируются на предельно низкие сроки окупаемости (1 – 2 года).

Большое значение имеет и то обстоятельство, что энергокомпания по сравнению с отдельными потребительскими секторами располагает мощным финансовым, техническим и кадровым потенциалом. У нее

существуют устойчивые связи с разными потребителями энергии в масштабе всего региона. Компания может осуществлять, таким образом, единую техническую и экономическую политику в сфере повышения эффективности использования электрической и тепловой энергии.

Система управления спросом помимо управляющего субъекта – региональной энергокомпании – включает формы, способы, средства и объекты управления. Эффективность функционирования такой системы должна оцениваться по конечным результатам, различающимся для энергокомпании, потребителей энергии и региона в целом. Конечные результаты деятельности по управлению спросом можно распределить следующим образом.

Энергокомпания:

- экономия затрат на сооружение и эксплуатацию генерирующих мощностей;
- расширение рынка и повышение устойчивости финансовых результатов в долгосрочной перспективе;
- создание привлекательного «имиджа» компании в регионе.

Потребители энергии:

- более низкие и стабильные тарифы на электроэнергию и тепло;
- снижение энергоемкости продукции, услуг и повышение уровня электрификации при относительно меньших затратах;
- повышение надежности и качества энергосбережения.

Регион (долгосрочные общественные интересы):

- более надежное энергообеспечение экономического роста;
- социально-экономический эффект повышения уровня электрификации народного хозяйства;
- улучшение экологической обстановки.

Ранжирование конечных результатов по степени важности осуществляется в регионы по-разному, в зависимости от приоритетов энергетической политики. Соответственно меняются цели и конкретное содержание программ по управлению спросом.

В США приняты законодательные акты, обязывающие энергокомпании разрабатывать и осуществлять программы управления спросом. В то же время органы, регулирующие электроэнергетику в отдельных штатах, стремятся усилить экономическую заинтересованность энергокомпаний, разрешая им получать достаточно привлекательную прибыль на капитал, вложенный в повышение энергоэффективности.

Изложенные концептуальные принципы в целом применимы для российских АО-энерго, начинающих действовать в рыночной среде и обслуживающих экономически самостоятельные регионы. Однако в условиях работы отечественных и зарубежных энергокомпаний существуют определенные различия, которые необходимо учитывать при разработке систем управления спросом в регионах РФ.

1. Рыночная мотивация АО-энерго пока остается слабой, а нереализованный потенциал энергоэффективности в народном хозяйстве значительно превышает таковой в зарубежных странах. Поэтому необходимо создать действенный механизм государственного стимулирования деятельности АО-энерго по управлению спросом на региональном уровне, который бы сочетал административные и экономические меры воздействия с учетом российской специфики.

2. Большинство американских энергокомпаний при разработке программ управления спросом делают акцент только на снижение пика электрической нагрузки и общую экономию электрической энергии. Между тем в регионах РФ имеются существенные резервы повышения уровня электрификации, которые должны будут реализовываться по мере повышения темпов экономического роста и в ходе технологической перестройки производства. Это тот случай, когда процессы электрификации и электросбережения необходимо рассматривать в рамках единой системы управления спросом.

3. Многие российские энергосистемы имеют в своем составе мощные ТЭЦ, занимающие видное место в централизованном теплоснабжении народного хозяйства. Региональные рынки тепловой энергии, между тем, обладают большим потенциалом роста. Причем на этих рынках ожидается обострение конкуренции с независимыми производителями.

4. В программах западных компаний значительное место отводится экономии электроэнергии в жилом секторе. В связи с низкой насыщенностью быта электроприборами эта проблема для нас пока не столь актуальна. В вопросах рационального использования электроэнергии приоритет должен быть отдан крупным промышленным предприятиям. В жилом секторе необходимо обратить особое внимание на экономию тепла.

В современных условиях России рыночная мотивация еще недостаточна для того, чтобы энергокомпании разрабатывали и осуществляли программы управления спросом на энергию. Поэтому на уровне региона нужен специальный механизм стимулирования этой деятельности, функционирование, которого должно обеспечиваться органами регулирования электроэнергетики.

Предлагаемые организационно-экономические меры можно подразделить на предписывающие, ограничительные и поощрительные [22].

1. Энергокомпании в законодательном порядке обязываются разрабатывать и совместно с потребителями осуществлять программы управления спросом. Соответствующий отдел должен быть включен в федеральное и региональное законодательства, регламентирующие вопросы регулирования энергокомпаний в РФ.

2. Если в заявке энергокомпаний на новые тарифы предусмотрено их повышение, превосходящее темпы инфляции, то такая заявка должна рассматриваться регулирующими органами только при наличии согласованной с потребителями программы управления спросом на электрическую и тепловую энергию. В случае невыполнения программы за отчетный период заявка на новые тарифы автоматически блокируется.

3. Лицензия на сооружение генерирующих мощностей на новых площадках выдается энергокомпаниям при условии, что параллельно в народное хозяйство на цели рационализации энергопотребления направляется не менее некоторой установленной доли капиталовложений в новое строительство, например 30%. Исключение может быть сделано для установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и высокоманевренных парогазовых установок (ПГУ).

4. Энергокомпания получает право применять по согласованию с потребителями специальные договорные тарифы, стимулирующие повышение эффективности энергоиспользования и рациональные режимы энергопотребления. При этом регулирующие органы запрещают ей перераспределять издержки энергоснабжения между группами потребителей.

5. Органам регулирования следует устанавливать предельную норму прибыли на капитал, вложенный энергокомпанией в рационализацию энергопотребления, не менее чем в 2 раза выше принимаемой при обосновании полной стоимости обслуживания (среднего по региону тарифа).

6. Энергокомпаниям разрешается вычитать из общей суммы исчисленного налога на прибыль не менее 50% затрат на разработку программ управления спросом. Данная налоговая льгота должна применяться только после осуществления соответствующего запроса.

7. В случае, когда энергокомпания направила в народное хозяйство более 50% всех инвестиций за отчетный период, рекомендуется либо

целиком вычесть эти затраты из общей суммы исчисленного налога на прибыль, либо установить пониженную ставку налога.

8. Энергокомпания полностью освобождается от уплаты налогов на прибыль, если в данном периоде 100% инвестиций было направлено на разработку и осуществление программ управления спросом. Эта льгота может быть предоставлена только при условии получения подтвержденного экономического эффекта у потребителей.



## Глава 3

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ**

#### **3.1. Общие положения**

Энергетические технологии, т.е. технологии переработки ресурса в виды энергии, пригодной для конечного потребителя, являются сложными. Наряду с основным производственным циклом в них следует выделять и целый ряд дополнительных, обеспечивающих технологических цепочек. К этому можно отнести, например, технологию подготовки топлива, обработки воды для энергетического цикла и теплосетей, утилизации тепла уходящих газов парогенераторов и ряд других. В связи с жесткими экологическими ограничениями особое значение приобретают технологии, снижающие «отходность» (если можно так выразиться) основной технологии, т.е. делающих основную технологию малоотходной. Как правило, такие технологии следует рассматривать как дополнение, «надстройку» к основным технологиям производства, транспорта и распределения энергии и энергоресурсов.

Оценки таких технологий должны быть комплексными, системными. Эффективность их должна быть показана не отдельно, отвлекаясь от основной технологии, а в сочетании с ней. Поэтому особую важность приобретает первый этап – получение корректных количественных данных по энергетическим технологиям. Достоверные данные могут быть получены путем энергетического обследования отдельных установок и целых технологий. На сегодня сложилась достаточно полная нормативно-правовая и методическая база проведения энергетических обследований (ЭО), рассмотрение которой приводится далее в этой главе.

Энергетическое обследование – это обследование потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) с целью установления показателей эффективности их использования и разработки экономически обоснованных мер по их выполнению.

Законодательные требования по энергосбережению устанавливают необходимость внешнего, независимого, компетентного и конфиденциального обследования предприятий и организаций.

Энергетические обследования проводят в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 03.04.96, Постановлением Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению» № 1087 от 02.11.95, региональными законами об энергосбережении, «Правилами проведения энергетических обследований организаций», утвержденными Минтопэнерго РФ 25.03.98. Эти документы также полагают целью обследований оценку эффективного использования топливно-энергетических ресурсов и снижение затрат потребителей на топливо- и энергосбережение.

Энергетические обследования могут быть направлены на решение разных задач:

- анализ энергоемкости производства продукции;
- определение энергетических потребностей производства;
- определение энергетических характеристик установок и технологических процессов;
- составление и анализ энергетического баланса предприятия (организации, системы),
- экспертизу энергетической эффективности продукции предприятия;
- экспертизу проектов по совершенствованию энергоэффективности производства;
- анализ договоров с энергоснабжающими организациями и субабонентами;
- анализ чувствительности производства к режимам энергоснабжения и качеству получаемых энергоресурсов;
- выявление и анализ причин потерь энергии на стадиях жизненного цикла предприятия (продукта);
- анализ деятельности предприятия по энергосбережению;
- анализ деятельности предприятия по вопросам экологии, повышения надежности;
- разработку плана мероприятий, направленных на повышение эффективности использования ТЭР.

Общей целью энергетического обследования (ЭО) является оценка эффективности использования энергетических ресурсов (твердого топлива, нефти, природного и попутного газа, продуктов их переработки, электрической и тепловой энергии), а также снижение затрат потребителей и реализация энергоэффективных решений.

Обязательным энергетическим обследованиям подлежат организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, если годовое потребление ими энергетических ресурсов составляет более 6000 т у т или более 1000 т моторного топлива.

Энергетические обследования организаций, если годовое потребление ими энергетических ресурсов составляет менее 6000 т у т, проводятся по решению органов исполнительной власти субъектов Федерации.

В результате полного ЭО выявляются потери и непроизводительные расходы энергии (энергоресурсов), даются рекомендации по их устранению. По результатам ЭО разрабатываются энергетический паспорт предприятия и план мероприятий по энергосбережению. Такое обследование осуществляется органами Госэнергонадзора либо уполномоченными этими органами специализированными организациями.

Организация, проводящая обследование, несет ответственность в соответствии с договором на проведение энергетического обследования согласно действующему законодательству Российской Федерации. К таким организациям предъявляется ряд требований [13]. Они касаются статуса организации, их приборной и методической оснащенности, необходимого состава кадров и др.

ЭО проводятся на основании заключенных договоров с организациями, проводящими обследования. Затраты по проведению ЭО бюджетных и муниципальных организаций оплачиваются за счет средств, выделяемых соответственно из федерального бюджета или бюджета органа местного самоуправления. Остальные организации проводят ЭО за счет собственных средств. Результаты обследования не могут являться основанием для применения санкций, за исключением случаев, определенных действующим законодательством.

### **3.2. Особенности энергетических предприятий как объектов энергетического обследования**

Энергетические предприятия (тепловые и атомные электростанции, предприятия электрических, тепловых сетей, пиковые и резервные котельные и т.п.) как объекты энергетических обследований имеют ряд особенностей. Эти особенности учитываются при выборе методических положений проведения обследования.

По сложности, количеству составляющих их структур, протяженности, территориальному охвату, степени возможного воздействия на окружающую среду, по масштабу последствий при сбоях в управлении

этих систем энергетики их относят к классу так называемых *больших систем*.

Кроме того, в силу того, что технический прогресс пока не дал масштабного и экономически выгодного решения по аккумуляции конечных видов энергии, для этих систем характерна весьма сложная связь между структурами генерирующих и потребляющих мощностей, схемой энергетических коммуникаций между ними, рядом других объективных и субъективных факторов и параметров функционирования системы в целом.

Чтобы правильно понять организационную сторону проведения энергетических обследований, надо учесть, как на сегодня решен вопрос об общественно-правовой форме энергетических организаций. Договор на обследование должен заключаться с «вышестоящей» организацией. Такой организацией может быть: холдинг, управление регионального АО-энерго либо владелец предприятия.

Возможно, проведение обследования и по заказу администрации самого предприятия, хотя в сложившихся условиях это будет не типичный случай. Как правило, в повышении эффективности энергетического производства имеет интерес собственник этого производства.

Сказанное является основанием к тому, чтобы подойти с особой тщательностью к выбору методик, которые принимаются за основу проведения энергетических обследований организаций – производителей тепла и электроэнергии. С одной стороны, эти методики должны удовлетворять тому минимуму требований, который востребован утвержденными регламентирующими документами, с другой стороны, алгоритм действий энергоаудитора должен быть адекватен модели обследуемой системы и верно отражать сложность объекта обследования. Немаловажно и то, чтобы выбираемые процедуры в рамках обследования были технически реализуемы и, конечно, повторно воспроизводимы.

Вследствие указанных выше особенностей методические подходы проведения энергетических обследований для предприятий энергетики будут в ряде существенных моментов отличаться от тех, которые обосновывались применительно к потребителям энергии. В основном эти отличия сводятся к следующему:

1. Из-за сложности обследуемых энергетических предприятий результаты обследования наряду с общим отчетным годовым энергетическим балансом, как правило, будут содержать иерархическую структуру балансов, отражающую производственную и технологическую структуру систем, составляющих как основное, так и обеспечивающие производства.

2. Хотя правила, утвержденные ГЭН, требуют «инструментальной проверки» приводимого в результате обследования энергетического баланса предприятия, пока отсутствует документ, который бы конкретизировал, в каком объеме и для какого интервала времени необходима такая инструментальная проверка. А ограниченные ресурсы обследования потребуют, чтобы объем инструментальной проверки балансов определял сам энергоаудитор в меру своей компетенции, располагаемых ресурсов и ответственности за результаты обследования.

3. Форма энергетического паспорта предприятия содержит итоговые данные, которые характеризуют годовое производство и потребление энергетических ресурсов. Поэтому приводимые в отчетах по ЭО энергетические балансы будут не непосредственно измеренными, а расчетными (как для нормативных условий работы, так и для фактических).

4. Из пп.1, 2 следует особая важность процедур определения годовых объемов производства энергии как в нормативном варианте, так и при определении фактических показателей, причем, в силу п.3, основным способом определения этих балансов является расчетный.

5. Для энергоснабжающей организации характерно наличие квалифицированного персонала. Это является предпосылкой привлечения этого персонала для получения первичных данных об объемах производства, используемых энергоресурсах, имеющих место потерях энергии, энергетического баланса и показателях эффективности использования топлива и других ресурсов.

### **3.3. Научные и методические принципы проведения энергетических обследований энергетических предприятий**

Энергетическое обследование следует также рассматривать как прикладной вид исследования действующих технологий, процессов и производств во всей совокупности сложившихся реальных связей этих процессов. Поэтому в основу проведения обследования положены следующие основополагающие научные и методические принципы.

#### **Принцип комплексности и системности**

При проведении энергетического обследования эффективность деятельности предприятия необходимо оценивать во всех аспектах: производственном, финансово-экономическом, социальном, экологическом.

Обследование должно охватывать все виды используемых ТЭР (газ, уголь, нефть, электроэнергию, тепловую энергию, воду, прочие виды

топлива) и все этапы его жизненного цикла (добычу, производство, хранение, транспортировку, передачу, продажа/распределение, потребление, утилизацию). Кроме того, объектом исследования должна стать не только производственная система, но и система управления.

Результатом энергетического обследования должны быть мероприятия не только технико-технологического характера, но и мероприятия, связанные с:

- формированием организационной структуры управления;
- разработкой системы мониторинга хода выполнения программы;
- формированием нормативно-правового обеспечения выполнения программы;
- созданием организационно-экономических механизмов стимулирования и системы мотивации; подготовкой и переподготовкой кадров.

#### Принцип паритетности

При проведении энергетического обследования необходимо учитывать интересы всех заинтересованных сторон: государственные и ведомственные интересы, интересы потребителей и поставщиков, собственные интересы, включая интересы всех служб предприятия. Требования и показатели в нормативно-правовых документах не должны предоставлять односторонних преимуществ заинтересованным сторонам. Это должно учитываться при анализе обоснованности тарифов, при составлении договоров с поставщиками и потребителями, при составлении нормативов и стандартов.

#### Принцип иерархичности

Обследование должно проводиться на разных уровнях иерархии: предприятие в целом, общезаводские подразделения, отдельные технологические процессы и установки. Степень агрегированности показателей и мероприятий зависит от уровня рассмотрения: чем выше уровень, тем выше степень обобщенности, чем ниже уровень, тем более детальным становится описание.

На каждом уровне иерархии рассматриваются как производственные, технологические процессы, так и системы управления ими.

#### Принцип учета внутренних и внешних взаимосвязей

Энергетическое обследование должно включать:

- анализ участия предприятия в балансах региона и муниципального образования;

- анализ энергетического баланса предприятия;
- анализ договорных отношений с поставщиками и потребителями;
- анализ соответствия производственных и денежных потоков.

#### Принцип стандартизации

Это должно быть обеспечено набором стандартов, регламентирующих порядок проведения обследования, расчет нормативных показателей, принципиальные вопросы методики ЭО, классификацию, структуру и содержание входной и выходной информации, терминологию, содержание и форму отчета и его основных итоговых документов. Стандарты при этом должны предусматривать возможность развития методики ЭО данных объектов с целью учета специфики предприятий.

Стандартизации подлежат и другие положения технологии проведения энергетического обследования: основные термины, определения, объекты и субъекты деятельности, нормативы по использованию ТЭР, формы документов.

#### Принцип типизации

Технология проведения энергетического обследования должна включать:

1. Типовой набор оцениваемых показателей (индикаторов).
2. Типовые опросные листы.
3. Типовой состав обследуемых объектов.
4. Типовые формы представления информации.
5. Типовые методики проведения обследований.

Кроме перечисленных наиболее важных принципов при проведении энергетических обследований следует руководствоваться принципом логической последовательности, единства средств и методов измерений, гибкости регламента.

### **3.4. Документы, регламентирующие порядок проведения энергетических обследований**

При проведении энергетических обследований следует руководствоваться следующими документами:

- Федеральным законом РФ «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 03.04.96 г.;
- Постановлением Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению» № 1087 от 02.11.95 г.;

- региональным законом об энергосбережении;
- Правилами проведения энергетических обследований организаций, утв. Минтопэнерго 25.03.98 г.;
- договором на проведение обследования специализированной организации и обследуемого предприятия;
- техническим заданием (программой) на проведение обследования;
- правилами технической эксплуатации электроустановок потребителями;
- правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителями;
- иными нормативно-правовыми документами, техническими материалами, инструкциями, методиками, среди которых особо следует отметить совокупность ГОСТов, регулирующих область энергоэффективности и энергосбережения:

1. ГОСТ Р 51379-99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребления топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы.

2. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.

3. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.

4. ГОСТ Р 27322-87. Энергобаланс промышленного предприятия. Общие положения.

5. ГОСТ Р 5-605-89-94. Рекомендации по стандартизации. Энергосбережение. Порядок установления показателей энергопотребления и энергосбережения в документации на продукцию и процессы.

При оформлении отчета (акта) по результатам энергетического обследования необходимо руководствоваться положениями проекта ГОСТа, разработанного специалистами Регионального центра управления энергосбережением (г.Томск)\*. Приводим основное содержание указанного проекта ГОСТ «Обследование предприятий энергетическое. Общие требования к содержанию и оформлению отчетных документов» (далее Стандарт), который разработан «с целью определения требований к отчетным документам по энергетическим обследованиям предприятий и организаций, упорядочения как отдельных элементов обследования, так и состава, содержания и формы представления результатов работ по обследованию в целом».

---

\* Руководитель разработки М.Г.Гольдшmidt.



Стандарт устанавливает общие требования к составу, содержанию и оформлению отчетных документов по энергетическим обследованиям предприятий и организаций.

Стандарт предназначен для применения:

- организациями, осуществляющими энергетические обследования;
- обследуемыми предприятиями и организациями;
- службами Госэнергонадзора РФ.

В разделе «Основные требования» к отчетным документам об энергетическом обследовании Стандарт относит:

- отчет об энергетическом обследовании,
- акт о результатах энергетического обследования.

Отчет об энергетическом обследовании составляется, если ЭО выполнено по инициативе обследуемого предприятия. Содержание и степень детализации отдельных разделов отчета согласовываются с заказчиком и устанавливаются в техническом задании на энергетическое обследование. Отчет об энергетическом обследовании должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 1.32-91 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе.

Отчет о полном энергетическом обследовании должен содержать следующие разделы:

#### *Аннотация*

Аннотация содержит краткие сведения о проведенном энергетическом обследовании: цель, характеристика объекта ЭО, виды потребляемых ресурсов, эффективность расходования ТЭР.

#### *Техническое задание на энергетическое обследование*

Техническое задание должно содержать следующие сведения:

- цель и задачи обследования;
- перечень подлежащих обследованию объектов (производственное оборудование, технологические процессы и т.п.), а также расходов ТЭР на хозяйственные нужды (отопление, освещение, вентиляцию, горячее водоснабжение);
- содержание и форму представления результатов энергетического обследования;

В техническом задании должны быть сформулированы требования к анализу:

- системы учета расходования и отпуска ТЭР;
- причин нерационального расходования ТЭР;

- эффективности фактического использования ТЭР и результатов сравнения рассчитанных показателей эффективности с нормативными значениями;

- содержания и реализации программы энергосбережения обследуемой организации;

- мероприятий по повышению эффективности расходования ТЭР.

Общая характеристика предприятия: основная продукция, потребляемые виды ТЭР и т.п.

*Методика проведения энергетического обследования:*

- общая методология обследования;

- методика определения (расчета) нормативных показателей расходования

- ТЭР;

- методика проведения измерений и ее обоснование;

- методика расчета фактических показателей расходования ТЭР.

*Метрологическое обеспечение обследования*

В этом разделе проводится анализ организационных мер, технических средств, правил и норм, обеспечивающих единство и требуемую точность измерения параметров при проведении ЭО, определяется и обосновывается вид проводимых при данном ЭО измерений: однократные, балансовые либо регистрация параметров.

*Программа энергетического обследования*

В программе устанавливаются этапы, содержание работ и сроки их выполнения; содержание работ планируется в соответствии с техническим заданием.

*Расчет основных показателей и заключение об эффективности использования ТЭР на предприятии*, о работах по системному поиску возможностей повышения эффективности расходования ТЭР.

Номенклатура показателей эффективности использования топливно-энергетических ресурсов – по ГОСТ Р 51387-99.

*Рекомендации по повышению эффективности расходования ТЭР с экономической оценкой потенциальных затрат средств и сбережений энергии.*

При оформлении разделов отчета по п. 4.2 рекомендуется использование типовых форм энергетического паспорта предприятия по ГОСТ Р 51379-99 и рекомендаций, о которых говорится в начале параграфа.

В зависимости от особенностей и специфики производственного оборудования и технологических процессов обследуемых предприятий в отчете типовые формы могут быть дополнены актуальной информацией.

В приложении к отчету следует поместить следующие материалы:

1) схему установки на обследуемом объекте стационарных приборов учета, а также используемых при обследовании переносных приборов;

2) энергобаланс обследованного предприятия, актуализированный по результатам ЭО (в соответствии с ГОСТ Р 27322-87).

Отчет должен быть написан ясным четким языком; изложение желательно иллюстрировать диаграммами, графиками, таблицами. Все сложные вычисления следует привести в приложениях.

Акт об энергетическом обследовании является обязательным отчетным документом.

В акте о проведенном энергетическом обследовании отражают:

- анализ выполнения предписаний акта, составленного по итогам предыдущего обследования, если оно проводилось;

- эффективность использования ТЭР (по ГОСТ Р 51541-99);

- оценку потенциала энергосбережения;

- рекомендации по повышению эффективности использования ТЭР и способом снижения потерь энергетических ресурсов;

- выявленные случаи нарушения законодательства и нормативных требований в области энергосбережения.

Акт о проведенном энергетическом обследовании подписывают руководители энергоаудиторской фирмы и организации-потребителя ТЭР, а также представителем органов Госэнергонадзора.

### 3.5. Показатели энергоэффективности

Одним из наиболее существенных вопросов, возникающих при проведении ЭО и энергосберегающих мероприятий, является оценка эффективности энергоиспользования. Данную оценку проводят по ряду количественных характеристик, называемых показателями энергоэффективности (ПЭ) или индикаторами энергоэффективности. Приводим перечень возможных показателей энергоэффективности:

- удельный расход энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- энергетическая составляющая себестоимости продукции;
- потери электро- и теплоэнергии;
- загрузка оборудования;
- КПД оборудования;

- коэффициент мощности ( $\text{tg } \varphi$  или  $\text{cos } \varphi$ );
- превышение фактического потребления реактивной энергии, ее экономического значения, установленного в договоре;
- показатели качества электрической энергии;
- потери реактивной энергии;
- уровень средств автоматического регулирования режимов энергопотребления и их технического состояния;
- характеристики графиков активной и реактивной нагрузки;
- постоянная составляющая энергопотребления, не зависящая от объемов производства предприятия;
- расход энергоресурсов на собственные и технологические нужды для электростанций и предприятий;
- доля бюджетных расходов, направляемых на дотации за потребляемые энергоресурсы;
- количество видов продукции и услуг, сертифицированных по энергоэффективности;
- доля энергетических расходов в бюджете учреждения;
- удельный расход энергоресурсов на одного сотрудника (или учащегося) бюджетной организации.

На любом этапе проводимого энергетического обследования на основании оценки показателей энергоэффективности (ПЭ) важным является ответить на следующие вопросы:

- Является ли данный ПЭ результатом целенаправленной деятельности предприятия в области энергосбережения?
- В какой степени данный ПЭ устойчив?
- Является ли данный ПЭ достаточно надежным?

При проведении ЭО необходимо для каждого конкретного случая подобрать ограниченное число ПЭ. Абсолютные значения ПЭ позволяют сравнить эффективность энергопотребления на предприятиях, организациях, учреждениях одной отрасли со сходными производственными процессами. Не менее важен анализ динамики ПЭ во времени для одного и того же объекта.

### 3.6. Паспорт энергетического хозяйства предприятия

Для того чтобы на объекте (здание, производство) и тем более на предприятии развивать комплексную систему эффективного энергопотребления, необходимо создание в первую очередь соответствующей системы контроля эффективности потребления энергоресурсов как на

предприятия, так и на отдельных его производствах. В основу такой комплексной системы контроля должен быть положен документ, регистрирующий энергоэффективность объекта. В нашей стране накоплен большой опыт по подготовке подобных документов за счет разработки и ведения паспортов, особенно в коммунальном хозяйстве городов и населенных пунктов. Однако энергетические паспорта практически не получили в то время развития, ввиду незначительной доли энергетических затрат в коммунальных расходах, да и полного отсутствия какого-либо учета и тем более регулирования расхода энергоресурсов в коммунальной сфере.

Ввиду резкого роста в последние годы расходов на тепло- и энергосбережение жилого, бюджетного фондов остро встал вопрос о разработке энергетических паспортов зданий и сооружений. Типовая форма такого документа была разработана в 1992 – 1994 гг. в НИИ строительной физики (г. Москва). В 1994 г. требование об энергетической паспортизации было включено в московские городские строительные нормы МГСН 2.01-94 «Энергосбережение в зданиях». В ряде регионов России энергетические паспорта получили широкое распространение как документ, регистрирующий энергоэффективность предприятия, муниципального образования и субъекта Федерации в целом.

В настоящее время по постановлению Главгосэнергонадзора России введен энергетический паспорт предприятия, который предназначен для системного представления энергетического хозяйства предприятия и уровня его эксплуатации. В нем отражаются результаты проведенных энергетических обследований, а также проводимых работ по энергосбережению. Данный паспорт должен периодически заполняться или корректироваться персоналом энергетической службы предприятия и передаваться в территориальные органы Госэнергонадзора. Типовой энергетический паспорт предприятия содержит следующие основные разделы:

- общие сведения о предприятии;
- сведения об электрическом хозяйстве предприятия (главная схема электроснабжения, основное силовое электрооборудование);
- сведения о системе и приборах учета активной и реактивной энергии (в том числе и автоматизированных системах учета);
- сведения о тепловом хозяйстве предприятия;
- сведения об электропотреблении за несколько лет;
- структура электропотребления предприятия;
- фактические удельные расходы электрической энергии на единицу выпускаемой продукции за последние несколько лет;

- показатели качества электрической энергии в системе электроснабжения предприятия;
- сведения об источниках электромагнитных помех;
- сведения об источниках реактивной мощности.

Структура и содержание энергетического паспорта предприятия позволяют выделить те его разделы, которые наиболее существенны в данный момент времени и в данных обстоятельствах. Вместе с тем паспорт допускает расширение и углубление его содержания, освоение или формирование новых разделов в соответствии с ПУЭ, ПТЭ, ГОСТ или вновь выявляющимися обстоятельствами. Так, к настоящему времени назрела необходимость дополнить энергетический паспорт предприятия следующими разделами:

- прогнозом электропотребления;
- сведениями об использовании ресурса основного электрооборудования и сроках его испытания;
- показателями надежности системы электроснабжения предприятия и ее элементов;
- показателями эффективности энергоиспользования;
- сведениями об устройствах автоматического регулирования, их техническом состоянии и использовании;
- сведениями о подготовке электротехнического персонала предприятия.

Из-за трудоемкости проведения расчетов и большого объема постоянно изменяющейся исходной информации, необходимой для формирования энергетического паспорта предприятия, в настоящее время осуществляется создание базы данных и программного обеспечения для ряда разделов паспорта. Это позволит более оперативно реагировать на различные изменения в системах внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия, условий эксплуатации и договоров с энергоснабжающими организациями.

Энергетический паспорт предприятия дает для электротехнического, энергетического и руководящего персонала предприятия необходимую, сжатую и достоверную информацию для принятия решений, а также отражает деятельность по эффективному использованию энергоресурсов.

Введение энергетических паспортов на территории России связано прежде всего с попытками наведения элементарного порядка в системе производства и потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Для решения данной задачи необходимо как минимум владеть досто-

верной информацией по производству и потреблению ТЭР и иметь возможность регулировать данный процесс.

Основными предпосылками при разработке энергетических паспортов являются:

- необходимость внесения изменений в сложившуюся систему социальных нормативов минимальной бюджетной обеспеченности по разделам, связанным с расходами на коммунальные услуги (центральное отопление, горячее водоснабжение) для муниципальных образований и бюджетных организаций;
- введение лимитов на топливно-энергетические ресурсы для организаций, финансируемых из бюджетов различного уровня, имеющих льготы по налогам или за получаемые топливно-энергетические ресурсы;
- организация контроля тарифов на услуги энергоснабжающих предприятий;
- отсутствие достоверной информации по производству и потреблению топливно-энергетических ресурсов в муниципальных образованиях и бюджетных организациях.

**Социальные нормативы** минимальной бюджетной обеспеченности, являясь основой формирования межбюджетных отношений, не учитывали основных особенностей, определяющих затраты на услуги жилищно-коммунального хозяйства (теплоснабжение, горячее водоснабжение, водоснабжение и водоотведение). Удельные расходы тепловой энергии на отопление жилого фонда в зависимости от его этажности: удельные затраты на отопление одного квадратного метра общей площади для различных строений отличаются в 2 – 2,5 раза. Для отопления одного квадратного метра одноэтажного здания постройки до 1985 г., построенного без учета энергосберегающих мероприятий, необходимо затратить тепловой энергии в 2,5 раза больше, чем для отопления здания высотой более 5 этажей, построенного с учетом энергосберегающих мероприятий после 1985 г., и это вполне соответствует положениям СНиП 2,04,07-86 «Тепловые сети». Применяемые социальные стандарты часто не учитывают стоимость тепловой энергии, вырабатываемой различными теплоисточниками (различной мощности, использующими различные виды топлива). Тарифы на тепловую энергию в зависимости от вида сжигаемого топлива, от мощности котельной и степени используемой мощности могут отличаться более чем в два раза. Себестоимость тепловой энергии, вырабатываемой на газовой котельной, находится в пределах 95 – 100 руб. за 1 Гкал. Себестоимость тепловой

энергии, вырабатываемой на угольной котельной, вполне может составлять 250 руб. за одну Гкал, что в 2,5 раза выше, чем в рассматриваемой газовой котельной. Учитывая все вышеприведенные факторы, можно убедиться, что разница в затратах на отопление единицы площади жилого фонда может отличаться в 4 – 5 раз [16].

Следующей предпосылкой создания энергетических паспортов, как отмечалось выше, стало отсутствие достоверной информации по производству и потреблению топливно-энергетических ресурсов в бюджетных организациях и в муниципальных образованиях.

Объективным фактором недостаточной достоверности информации является отсутствие приборов учета расхода энергетических ресурсов на предприятии либо низкий уровень класса точности данных приборов. Объемы потребления энергетических ресурсов в таких случаях считаются по нормативам, методикам, принятым в далеком прошлом и не всегда корректно используемым в настоящее время. Зачастую используется информация, получаемая «по наследству», из старых отчетов и т.п. Анализируя при проведении энергетических обследований схемы теплоснабжения населенных пунктов, предприятий, объектов социальной сферы, достаточно часто можно встретить несоответствие проектных и фактических данных эксплуатируемого оборудования, тепловых сетей и т.п. Эта типовая ошибка возникает как на стадии строительства, так и в период эксплуатации. Неудивительно, что при расчетных методах определения расходов ТЭР по данным объектам в основу закладываются первые проектные решения, принятые на бумаге, и это ведет в дальнейшем к систематической ошибке при эксплуатации данных систем. В полной степени такой подход характерен и для объектов социальной сферы.

Серьезными факторами, сказывающимися на достоверности информации, являются изменения в административно-территориальном делении региона. Образование новых муниципальных образований с административным выделением их из существующих, обратное воссоединение территорий приводит к хаосу информации. Вновь образованные, как правило, не имеют достаточной документации по своей собственности, оставшиеся вынуждены корректировать имеющиеся данные с учетом выбывших. Не всегда этот процесс проходит без ущерба в информационном плане. Органы статистики даже вынуждены вносить коррективы в структуру обрабатываемой информации. И самое неприятное, что существующие формы, принятые довольно давно, не всегда несут достаточную и достоверную информацию.



Существуют и другие предпосылки, оказывающие влияние на разработку энергетических паспортов котельных, но это только подтвердило необходимость проводимой работы.

С учетом вышеперечисленных факторов во многих регионах, где приняты и реализуются Программы энергосбережения, были разработаны и внедрены энергетические паспорта: «Энергетический паспорт муниципального образования», «Энергетический паспорт организации», «Технический паспорт котельной» (далее по тексту паспорта).

Введением паспортов планировалось решить следующие основные задачи:

1. Создать единую расчетную базу по определению объемов потребления энергоресурсов на территории области, а также показателей планирования расходов бюджетных организаций за коммунальные услуги.

2. Ввести обоснованные нормативы (лимиты) потребления топливно-энергетических ресурсов в организациях бюджетной сферы.

3. Организовать контроль дисциплины цен организаций-поставщиков коммунальных услуг, обслуживающих бюджетные организации и население.

Данные, закладываемые в паспорт организации, позволяют, с одной стороны, проверить правильность определения объемов предоставляемых и получаемых услуг (не менее чем двумя способами), с другой стороны, служат базой данных для определения комплекса мероприятий по энергосбережению в организации и ориентировочных затрат на их проведение. Формы по потреблению коммунальных услуг учитывают все основные параметры, закладываемые в договоры на предоставление данного вида услуг. При этом зачастую имеют место завышение обязанностей получателя услуги и минимальная ответственность поставщика услуг. Во многом это объясняется недостаточным уровнем подготовки получателя услуг как в техническом, так и в правовом плане.

Параллельно с введением паспортов организаций необходимо проведение паспортизации теплоисточников (по единой форме – технический паспорт котельной), составление реестра котельного оборудования и тепловых сетей энергоснабжающих предприятий. Полученная информация должна быть положена в основу программы реконструкции систем теплоснабжения муниципальных образований, замены котельного оборудования и перевода котельных на природный газ. Основой паспорта котельной служит информация по техническому вооружению теплоисточника, по видам используемого оборудования. Совокупность данных в паспорте котельной позволяет ориентировочно рассчитать та-

риф на тепловую энергию, вырабатываемую в данной котельной. Информация о потребителях тепловой энергии, отражаемая в приложениях, позволяет в первом приближении, наряду с имеющейся информацией по тепловым сетям, сделать оценку эффективности работы теплоисточника и системы теплоснабжения в целом.

Обобщенные данные паспортов организаций и теплоисточников положены в основу «Энергетического паспорта муниципального образования». В паспорте муниципального образования отражается баланс производства и потребления топливно-энергетических ресурсов на территории муниципального образования (в абсолютных и удельных показателях). Данные паспорта муниципального образования показывают, насколько руководители владеют вопросами производства и потребления ТЭР на своей территории. Паспорта муниципальных образований отражают эффективность использования топливно-энергетических ресурсов и должны быть положены в основу для разработки территориальной программы энергосбережения.

Данные всех паспортов муниципальных образований отражают состояние коммунальной энергетики всей области, могут быть использованы для формирования областного заказа на производство и потребление коммунальных услуг в бюджетной сфере области, для определения потребностей в производстве энергосберегающего оборудования, материалов и т.п.

Актуальность паспортизации теплоисточников и объектов теплопотребления подтверждается энергетическими обследованиями систем теплоснабжения муниципальных образований Томской области.

### **3.7. Обобщенный регламент проведения комплексных энергетических обследований**

Энергетическое обследование может проходить в различных формах и иметь различную глубину в зависимости от поставленных задач, материальных, финансовых и др. возможностей предприятия.

Проведению ЭО, как правило, предшествует составление программы с разбивкой на этапы. Содержание и порядок их следования должны быть такими, чтобы уже на первоначальных этапах могла быть выявлена некоторая экономия финансовых средств, которая на последующих стадиях может реализоваться в малозатратных мероприятиях по энергосбережению. Такая схема ЭО обеспечивает покрытие затрат предприятия на обследование уже в самом его ходе. На основе 6-летнего опыта проведе-

ния ЭО в различных сферах и отраслевых комплексах в 2001 г. по заказу Центра энергосбережения РАО «ЕЭС России» группой специалистов Томского центра\* был разработан «Обобщенный регламент проведения комплексных энергетических обследований», краткое содержание которого представляет собой перечень вопросов, включаемых обычно в программу проведения обследований различных предприятий, организаций, объектов и систем энергетики.

**1. Предварительный этап:**

- оценка необходимости энергетического обследования;
- директива на проведение энергетического обследования;
- разработка индикаторов эффективности энергетического обследования в производственных, финансово-экономических, экологических и социальных показателях;
- разработка технического задания на проведение обследования;
- формирование бригады по проведению обследования;
- создание системы управления проведением обследования;
- составление плана проведения энергетического обследования.

**2. Подготовительный (дистантный) этап:**

- формирование опросных листов применительно к структуре данной компании (предприятия);
- дистантное обучение персонала предприятия по подготовке информации для опросных листов и использованию специального программного обеспечения;
- заполнение опросных листов в службах предприятия;
- сбор статистической информации;
- анализ договоров с поставщиками и потребителями;
- сбор информации об экологических показателях, характеризующих загрязнение окружающей среды.

**3. Сбор информации на основе документального и приборного обследования:**

- инструментальное обследование технологических процессов;
- обследование системы учета и контроля отпускаемых потребителю электрической и тепловой мощностей, потребляемых энергетических ресурсов (обследование установленных приборов учета, их соответствия действующим нормативам и правилам; обследование схем установки приборов учета ТЭР, проверка их соответствия правилам; оценка уровня автоматизации системы учета);

---

\* Научный руководитель работы – к.т.н. С.А. Косяков.

- проверка качества электрической энергии, отпускаемой в энергосистему;
- обследование схемы отпуска тепла по пропускной способности, предварительная оценка исполнения территориальных норм по качеству тепловой энергии;
- контроль данных об экологических показателях, характеризующих загрязнение окружающей среды.

**4. Этап анализа (критический анализ собранной информации, выявление проблемных ситуаций, узких мест):**

- оценка доли энергокомпаний в энергетическом балансе региона, муниципального образования;
- анализ энергетического баланса энергокомпаний;
- определение потоков ТЭР (установление потоков потерь и отходов);
- анализ соответствия процессов использования ТЭР на всех этапах жизненного цикла и финансовых потоков;
- анализ методики расчета тарифов на электрическую и тепловую энергию;
- оценка доли энергозатрат в суммарных затратах предприятия (электроэнергия, тепловая энергия, топливо, вода и др.);
- оценка влияния сложившихся режимов работы оборудования в энергосистеме на показатели энергетической эффективности;
- анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов;
- разработка системы анализа потребления топлива, воды, электроэнергии, тепла на собственные нужды;
- анализ расхода условного топлива на производство электрической и тепловой энергии. Разнесение затрат на топливо по видам производимой продукции (электрической и тепловой энергии). Анализ топливной составляющей себестоимости продукции;
- сопоставление затрат на покупную электрическую энергию и себестоимость производства;
- анализ эксплуатационных затрат, включая затраты на собственные нужды, хозяйственные нужды, собственное потребление энергии на быт и социальное потребление;
- анализ структуры себестоимости производства, передачи и распределения электрической и тепловой энергии.

**5. Этап формирования программы энергосбережения (разработка мероприятий и оценка их эффективности):**

- разработка стандартов и нормативов потребления ТЭР в производстве;

- формирование системы договорных отношений с предприятиями и организациями;
- разработка системы учета и контроля ТЭР;
- разработка рекомендаций по совершенствованию отдельных технологий и оборудования;
- разработка мероприятий по автоматизации и информатизации технологических процессов;
- экспертиза предложенных мероприятий, отбор наиболее эффективных;
- взаимоувязка и согласование отдельных мероприятий;
- выбор первоочередных и перспективных мероприятий;
- определение источников финансирования;
- разработка плана мероприятий по энергосбережению.
- расчет прогнозных значений индикаторов эффективности программы энергосбережения (в производственных, финансово-экономических, экологических и социальных показателях);
- выявление рисков (потенциальных угроз), определение их последствий и путей преодоления.

**6. Разработка системы обеспечения реализации программы энергосбережения**

- формирование организационной структуры управления реализацией программы;
- разработка системы мониторинга хода выполнения программы (по индикаторам эффективности), включая информационную систему сопровождения программы;
- формирование нормативно-правового обеспечения выполнения программы;
- создание организационно-экономических механизмов стимулирования, системы мотивации;
- подготовка и переподготовка кадров.

Не вдаваясь в описания достаточно большого числа различных вопросов, которые решаются при выполнении «обобщенного регламента», отметим безусловные преимущества начальных его стадий.

**Предварительный этап** позволяет реализовать принцип паритетности и взаимочета интересов, оценить партнера, возможности персонала компании; реализует принцип свободного выбора энергоаудитора из числа аккредитованных; организационно включает в процесс обследования специалистов и менеджмент предприятия (компании).

*Подготовительный (дистанционный) этап* позволяет на первых стадиях обследования перейти к анализу количественных параметров и «заявленного» уровня энергетической эффективности компании в целом, предприятий, технологических циклов; активизирует персонал компании на участие в обследовании и формирует интерес к результатам обследования; ставит в положение равной ответственности персонал компании и экспертов, проводящих обследование, за результаты обследования.

### 3.8. Становление и развитие энергоаудиторских фирм

Выше были перечислены основные требования, предъявляемые к организациям, проводящим энергетические обследования. На момент востребования этих функций в России не существовало собственно энергоаудиторских организаций. Первое время эти работы выполнялись инженерными центрами, бывшими научно-исследовательскими или проектными институтами. Но требования к содержанию и качеству работ по обследованию существенно возросли, начала формироваться нормативно-правовая база проведения обследований. Необходимость проведения ЭО была декларирована законодательно, многие региональные и муниципальные Программы энергосбережения в своей структуре имеют разделы по обследованию предприятий и организаций. Была сформирована государственная структура, ответственная за проведения обследований – Госэнергонадзор (Департамент государственного энергетического надзора и энергосбережения Минэнерго РФ).

Сложность и масштабность этих работ потребовали участия в них специализированных организаций, оснащенных соответствующей аппаратурой, имеющих подготовленный персонал. Наилучшим воплощением такой организации является Центр энергосбережения – инженерная фирма, способная привлечь к работе высококвалифицированный персонал.

Успешность работы энергоаудиторской организации зависит от того, в какой мере она сумеет соответствовать следующим требованиям.

**Независимость.** Претендент должен быть беспристрастным, независимым от Заказчика (вышестоящей организации), от обследуемой организации, от организаций, представители которых входят в состав конкурсной комиссии, т.е. должен являться «третьей» стороной. Претендент и его персонал не должны подвергаться коммерческому, финансовому и другому давлению, влияющему на результаты обследования.

**Компетентность.** Претендент должен иметь определенный опыт проведения ЭО и авторитет. Персонал организации должен обладать необходимой компетентностью; организация должна обеспечить обучение, повышение квалификации персонала, вести учет сведений о квалификации, обучении и профессиональном опыте каждого своего сотрудника.

**Научно-методическая, кадровая и техническая (инструментальная) оснащенность.** Претендент должен обладать фондом методик проведения энергетических обследований различных предприятий и организаций; он должен иметь свой собственный парк приборов, подготовленный персонал для работы с этой аппаратурой, налаженную схему взаимодействия с испытательными (метрологическими) лабораториями соответствующего профиля.

**Профессионализм.** Должны быть учтены результаты участия Претендента в конкурсах, проводимых Госэнергонадзором среди энергоаудиторских фирм России.

**Комплексность.** Для обследования крупных объединений, предприятий, организаций в рамках участия в конкурсе могут создаваться консорциумы, состоящие из энергоаудиторских компаний, территориальных госэнергонадзоров, фирм, аккредитованных РЭК (ФЭК – для объектов федерального уровня), финансовых аудиторских структур и др.

### **3.9. Анализ энергетического баланса компании как основа реинжиниринга бизнес-процессов энергетических компаний\***

Как научно-практическое направление реинжиниринг появился в США и за несколько лет превратился в одну из ведущих и активно развивающихся отраслей. Сегодня он активно продвигается через консалтинговые услуги и инструментарии на российский рынок. Применение мирового опыта построения эффективных компаний представляет огромную ценность для нашей страны, проводящей глобальную экономическую реформу и активно внедряющейся в мировую экономическую систему. Реинжиниринг рассматривается как способ выживания современных компаний в условиях жесткой конкурентной борьбы на мировом рынке.

Необходимость реинжиниринга связывается с высокой динамичностью современного делового мира. Это направление совершенствования менеджмента компаний, изменив классические принципы органи-

---

\* Материалы подразделов 3.9 и 3.10 подготовлены к.т.н. М.П. Силичем.

зации бизнес-процессов на основе разделения труда, показало, что они неадекватны современным условиям.

Потребитель в наше время имеет существенно больший выбор не только товаров и услуг, но и технологий. В результате производитель вынужден непрерывно приспосабливаться как к новым технологиям, так и к постоянно меняющимся запросам своих клиентов: изменение бизнес-процессов превращается в практику повседневной жизни компаний, а инерционность пирамидальной структуры становится тормозом на пути к их выживанию.

Сущность и особенность BPR (business processing – реинжиниринг) заключается, во-первых, в применении новых подходов к реконструкции бизнеса, так называемых принципов реинжиниринга, и, во-вторых, в использовании продуманной технологии.

Принципы реинжиниринга – новые правила ведения бизнеса. Эти принципы включают в себя эвристические правила реконструкции бизнеса, направленные в первую очередь на упрощение организационных отношений и потоков информации, а также на предоставление большей самостоятельности работникам, устранение лишних «управленцев». Применение данных правил предполагает не «улучшение» существующих процессов, например с помощью автоматизации или административно-управленческих приемов (усиление контроля, повышение мотивации и т.д.), а коренную реконструкцию процессов. Происходит замена существующих громоздких и забюрократизированных процессов на новые, упрощенные и более гибкие.

К принципам реинжиниринга относятся и **новые правила построения организационных структур** для реконструируемых компаний с тем, чтобы оргструктуры отвечали новым правилам ведения бизнеса.

Другим важным акцентом в принципах реинжиниринга является использование **новых информационных технологий**. Информационные технологии (ИТ) играют критически важную роль в BPR. Но реинжиниринг – это не то же самое, что автоматизация, при которой с помощью ИТ автоматизируются существующие бизнес-процессы со всеми их недостатками. Реинжиниринг использует ИТ для автоматизации новых, реконструированных процессов. Более того, сама реконструкция бизнес-процессов, как правило, становится возможной только при использовании информационных технологий, так как ИТ зачастую меняют сущность процессов.

Технология проведения реинжиниринга включает в себя: регламент – последовательность этапов, регламентирующих комплекс работ; ме-



тодики формирования моделей существующего и нового, перепроектированного бизнеса компании; инструментальные средства поддержки проведения реинжиниринга в виде информационных систем специального назначения.

### **3.10. Основные положения и принципы реинжиниринга для энергетических компаний**

Рассмотрим эвристические правила реконструкции бизнеса, составляющие основу принципов реинжиниринга бизнес-процессов.

1. Несколько рабочих процедур объединяются в одну. Для перепроектированных процессов наиболее характерно отсутствие технологии «сборочного конвейера», в рамках которой на каждом рабочем месте выполняются простые задания, или рабочие процедуры. Выполнявшиеся различными сотрудниками, теперь они интегрируются в одну – происходит горизонтальное сжатие процесса. Если не удастся привести все шаги процесса к одной работе, то создается команда, отвечающая за данный процесс.

2. Исполнители принимают самостоятельные решения. В ходе реинжиниринга компании осуществляют не только горизонтальное, но и вертикальное сжатие процессов. Это происходит за счет самостоятельного принятия решения исполнителем в тех случаях, когда при традиционной организации работ он должен был обращаться к управленческой иерархии.

Когда процесс выполняется людьми, зависящими от его результатов, практически нет необходимости руководить им. Наделение сотрудников большими полномочиями и увеличение роли каждого из них в работе компании приводит к значительному повышению их отдачи. Лишние коммуникации и посредников можно устранить вместе с механизмами координации усилий тех, кто исполняет процесс, и тех, кто использует его результат. Более того, значительно снижается острота проблемы планирования ресурсов, необходимых для исполнения процесса.

3. Шаги процесса выполняются в естественном порядке. Реинжиниринг процессов освобождает от линейного упорядочения рабочих процедур, свойственного традиционному подходу, позволяя распараллеливать процессы там, где это возможно.

4. Процессы имеют различные варианты исполнения. Традиционный процесс ориентирован на производство массовой продукции для массового рынка, поэтому он должен исполняться единообразно, независимо

от исходных условий при всех возможных входах процесса. В наше время высокая динамичность рынка приводит к тому, что процесс должен иметь различные версии исполнения в зависимости от конкретной ситуации, состояния рынка и т.д. Традиционные процессы обычно оказываются довольно сложными – они учитывают различные исключения и частные случаи. Новые, в отличие от традиционных, ясны и просты – каждый вариант ориентирован только на одну соответствующую ему ситуацию.

5. Работа выполняется в том месте, где это целесообразно. В традиционных компаниях она организуется по функциональным подразделениям: отдел заказов, транспортный отдел и т.п. Реинжиниринг убирает жесткую привязанность работ к подразделениям, устраняя излишнюю интеграцию, что приводит к повышению эффективности процесса в целом.

6. Уменьшается количество проверок и управляющих воздействий. Проверки и управляющие воздействия непосредственно не производят материальных ценностей, поэтому задача реинжиниринга – сократить их до экономически целесообразного уровня. Традиционные процессы насыщены подобными шагами, единственное назначение которых – контроль за соблюдением исполнителями предписанных правил. К сожалению, на практике довольно часто оказывается, что стоимость проверок и управляющих воздействий превосходит стоимость заказа требуемого продукта. Реинжиниринг предлагает более сбалансированный подход. Вместо проверки каждого из выполняемых заданий перепроектированный процесс часто агрегирует эти задания и осуществляет проверки и управляющие воздействия в отложенном режиме, что заметно сокращает время и стоимость процессов.

7. Минимизируется количество согласований. Еще один вид работ, не производящих непосредственных ценностей для заказчика, – это согласования. Задача реинжиниринга состоит в минимизации согласований путем сокращения внешних точек контакта. Как и в правиле 5, речь идет о стирании граней между функциональными подразделениями.

8. «Уполномоченный» менеджер обеспечивает единую точку контакта. Механизм «уполномоченного» менеджера применяется в тех случаях, когда шаги процесса либо сложны, либо распределены таким образом, что их не удастся объединить силами небольшой команды. «Уполномоченный» менеджер играет роль буфера между сложным процессом и заказчиком. Он ведет себя с заказчиком так, как если бы был ответственным за весь процесс. Чтобы выполнить эту роль, менеджер должен быть способен отвечать на вопросы заказчика и решать его

проблемы, имея для этого доступ ко всем используемым информационным системам и ко всем исполнителям.

9. Преобладает смешанный централизованно/децентрализованный подход. Конфликт между централизацией и децентрализацией давно уже стал классическим. Децентрализация любого ресурса (людей, оборудования, складских запасов) позволяет организовать лучшее обслуживание тех, кто использует этот ресурс, ценой избыточности, бюрократии и упущенной экономии масштаба. Теперь компаниям уже не нужно искать золотую середину. Они могут воспользоваться базами данных, телекоммуникационными сетями и стандартными системами обработки, чтобы совместить выгоды масштаба и координации с выгодами гибкости и качества обслуживания. Современные технологии дают возможность компаниям действовать полностью автономно на уровне подразделений, сохраняя при этом возможность пользоваться централизованными данными.

Новой организации бизнеса, построенного на новых принципах, должна соответствовать и новая организационная структура. Рекомендуется использовать для новой реконструированной компании **«процессную»** оргструктуру. Рассмотрим основные характеристики новой структуры.

В традиционной иерархической функционально-ориентированной структуре подразделения выполняют отдельные функции, являющиеся частью процессов. В структуре, ориентированной на процессы, функциональные подразделения рассматриваются как **ресурсы** (людские, материальные), используемые в процессах. Процессы «пронизывают» оргструктуру, объединяя несколько функций, начиная от входа и заканчивая выходом – некоторой продукцией. В новой структуре вводятся новые организационные подразделения – команды процессов, выполняющие экземпляры процессов.

В компании, основанной на процессах, можно выделить несколько типовых ролей сотрудников:

- президент компании – первый руководитель;
- владельцы ресурсов (менеджеры): по одному для каждой функции;
- владельцы процессов (менеджеры): по одному для каждого процесса;
- операторы процессов (непосредственные исполнители).

Кроме того, могут назначаться лидеры для каждого из конкретных процессов (экземпляров процессов). Каждый конкретный человек может выступать в одной роли или сразу в нескольких.

На основе теории реинжиниринга бизнес-процессов был разработан описанный выше (3.7) обобщенный регламент проведения обследований энергетических компаний. Применение технологии реинжиниринга бизнес-процессов при проведении энергетических обследований энергетических компаний позволит:

- расширить объект обследования, включив в него не только отдельные функции и технические ресурсы, но и процессы в целом (начиная от получения ТЭР и заканчивая поставленными потребителям энерго-ресурсами), а также их влияние на окружение компании;

- перепроектировать технологические и организационные процессы на основе правил реконструкции бизнес-процессов, что позволит устранить лишние работы и связи, упростить процессы и, в конечном счете, добиться радикальных улучшений в основных показателях деятельности, таких, как стоимость, качество и сроки;

- внедрить новые информационные технологии, не просто автоматизирующие существующие технологии, но позволяющие внедрять новые бизнес-процессы, перепроектированные на основе принципов реинжиниринга;

- создать новые организационные структуры, ориентированные на процессы и позволяющие сократить количество уровней управления, повысить самостоятельность сотрудников и их заинтересованность в результатах деятельности;

- улучшить эффективность проведения энергетических обследований за счет использования новых методик моделирования бизнес-процессов и инструментальных средств поддержки реинжиниринга.

В конечном счете внедрение программ, созданных в результате проведения энергетических обследований, включающих методы реинжиниринга, позволит повысить конкурентоспособность компании, адаптивность к постоянным изменениям рынка, улучшить имидж компании, выйти на более высокий уровень, стать лидером в отрасли.

## Глава 4

### **НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Потребность в освоении и развитии энергетики на возобновляемых ресурсах становится все более очевидной при возрастающем спросе на топливо, особенно на нефть, росте населения и требований к уровню жизни, особенно в развивающихся странах.

Из года в год возрастает уровень потребления энергии человеком. Прирост производства энергии трудно обеспечить без использования новых источников энергии, так как при возрастающей потребности в энергии запасы топлива истощаются. Независимо от отношения к атомной энергетике энергетические программы всех стран содержат, как правило, два основных пункта, направленных на улучшение обеспечения энергией [19]:

- развитие энергетики на возобновляемых источниках энергии;
- повышение эффективности использования энергии.

Все источники энергии можно разделить на два класса.

1. Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Возобновляемая энергия присутствует в окружающей среде в виде энергии, не являющейся следствием целенаправленной деятельности человека, и это является ее отличительным признаком.

2. Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. Энергия невозобновляемых источников, в отличие от возобновляемых, находится в природе в связанном состоянии и высвобождается в результате целенаправленных действий человека.

Существует пять основных источников энергии:

- солнечное излучение;
- движение и притяжение Солнца, Луны и Земли;
- тепловая энергия ядра Земли, а также химических реакций и радиоактивного распада в ее недрах;
- ядерные реакции;
- химические реакции различных веществ.

В окружающем нас пространстве всегда существуют потоки возобновляемой энергии, и энергетика на возобновляемых источниках должна ориентироваться только на эти уже существующие энергоресурсы, а не ставить себе целью создание новых.

Отсюда следует, что прежде чем развивать энергетику на возобновляемых источниках, необходимо точно определить их мощность. Это требует регулярных и длительных наблюдений и анализа параметров этих источников.

Потребности в энергии, как правило, не постоянны во времени. Например, потребность в электроэнергии максимальна в утренние и вечерние часы и минимальна в ночное время. Традиционные тепловые электростанции могут подстраиваться под эти колебания спроса на электроэнергию, регулируя расход топлива. При использовании же возобновляемых источников энергии колеблется не только спрос на энергию, но и мощность этих источников, поэтому необходимо учитывать оба эти фактора, которые часто противоречат друг другу.

Актуальным при рассмотрении возможности применения возобновляемых источников энергии является вопрос качества источника энергии.

Под качеством источника энергии будем понимать долю энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу. По этому признаку возобновляемые источники энергии можно разделить на три группы [19].

1. Источники механической энергии, например гидроисточники, ветроисточники, волновые и приливные источники. В целом качество этих источников энергии высокое, и они обычно используются для производства электроэнергии. Качество источников ветровой энергии – обычно порядка 30%, гидроэнергии – 60%, волновой и приливной – 75% (рис. 4.1).

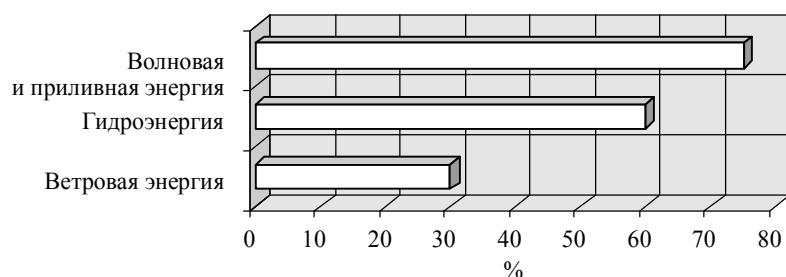


Рис. 4.1. Качество источников энергии

2. Тепловые возобновляемые источники энергии, например биотопливо и тепловая энергия Солнца. Максимальная доля тепла таких источников определяется вторым законом термодинамики. На практике превратить в работу удастся примерно половину тепла, допускаемого вторым законом.

3. Источники энергии на основе фотонных процессов, к которым относятся источники, использующие фотосинтез. Например, с помощью фотоэлектрических преобразователей солнечное излучение определенной частоты можно с высокой эффективностью преобразовать в механическую работу. Добиться высокой эффективности преобразования энергии во всем спектре солнечного излучения трудно, и на практике КПД фотопреобразователей, равный 15%, считается хорошим.

#### **4.1. Солнечная энергия**

##### **4.1.1. Общие положения**

В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос, и, хотя этот источник также относится к возобновляемым, внимание, уделяемое ему во всем мире, заставляет нас рассмотреть его возможности отдельно. Потенциальные возможности энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики. Заметим, что использование всего лишь 0,0125% этого количества энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5% – полностью покрыть потребности на перспективу. К сожалению, вряд ли когда-нибудь эти огромные потенциальные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах.

Одним из наиболее серьезных препятствий такой реализации является низкая интенсивность солнечного излучения. Даже при наилучших атмосферных условиях (южные широты, чистое небо) плотность потока солнечного излучения составляет не более 250 Вт/м<sup>2</sup>. Поэтому, чтобы коллекторы солнечного излучения собирали за год энергию, необходимую для удовлетворения всех потребностей человечества нужно разместить их на территории 130000 км<sup>2</sup>! Необходимость использовать коллекторы огромных размеров, кроме того, влечет за собой значительные материальные затраты. Простейший коллектор солнечного излучения представляет собой зачерненный металлический (как правило, алюминиевый) лист, внутри которого располагаются трубы с циркулирующей в ней жидкостью. Нагретая за счет солнечной энергии, погло-

щенной коллектором, жидкость поступает для непосредственного использования. Согласно расчетам, изготовление коллекторов солнечного излучения площадью  $1 \text{ км}^2$  требует примерно 10000 т алюминия. Докладные же на сегодня мировые запасы этого металла оцениваются в  $1,17 \cdot 10^9$  т. Из написанного ясно, что существуют разные факторы, ограничивающие мощность солнечной энергетики. Предположим, что в будущем для изготовления коллекторов станет возможным применять не только алюминий, но и другие материалы. Изменится ли ситуация в этом случае?

Будем исходить из того, что на отдельной фазе развития энергетики все мировые потребности в энергии будут удовлетворяться за счет солнечной энергии. В рамках этой модели можно оценить, что в этом случае потребуются «собирать» солнечную энергию на площади от  $1 \cdot 10^6$  до  $3 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ . В то же время общая площадь пахотных земель в мире составляет сегодня  $13 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ .

Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовление гелиостатов, коллекторов, другой аппаратуры, их перевозки.

Пока еще электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами. Ученые надеются, что эксперименты, которые они проведут на опытных установках и станциях, помогут решить не только технические, но и экономические проблемы.

Первые попытки использования солнечной энергии на коммерческой основе относятся к 80-м годам нашего столетия. Крупнейших успехов в этой области добилась фирма Loose Industries (США). Ею в декабре 1989 г. введена в эксплуатацию солнечно-газовая станция мощностью 80 МВт. Здесь же, в Калифорнии, в 1994 г. введено еще 480 МВт электрической мощности, причем стоимость  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  энергии 7–8 центов. Это ниже, чем на традиционных станциях. В ночные часы и зимой энергию дает, в основном, газ, а летом и в дневные часы – солнце. Электростанция в Калифорнии продемонстрировала, что газ и солнце, как основные источники энергии ближайшего будущего, способны эффективно дополнять друг друга. Поэтому не случаен вывод, что в качестве партнера солнечной энергии должны выступать различные виды жидкого или газообразного топлива. Наиболее вероятной



«кандидатурой» является водород. Его получение с использованием солнечной энергии, например, путем электролиза воды может быть достаточно дешевым, а сам газ, обладающий высокой теплотворной способностью, легко транспортировать и длительно хранить. Отсюда вывод: наиболее экономичная возможность использования солнечной энергии, которая просматривается сегодня, – направлять ее для получения вторичных видов энергии в солнечных районах земного шара. Полученное жидкое или газообразное топливо можно будет перекачивать по трубопроводам или перевозить танкерами в другие районы.

Быстрое развитие гелиоэнергетики стало возможным благодаря снижению стоимости фотоэлектрических преобразователей в расчете на 1 Вт установленной мощности с 1000 долл. в 1970 г. до 3 – 5 долл. в 1997 г. и повышению их КПД с 5 до 18%. Уменьшение стоимости солнечного ватта до 50 центов позволит гелиоустановкам конкурировать с другими автономными источниками энергии, например с дизель-электростанциями.

Одним из лидеров практического использования энергии Солнца стала Швейцария. Здесь построено примерно 2600 гелиоустановок на кремниевых фотопреобразователях мощностью от 1 до 1000 кВт и солнечных коллекторных устройств для получения тепловой энергии. Программа, получившая наименование «Солар-91» и осуществляемая под лозунгом «За энергонезависимую Швейцарию!», вносит заметный вклад в решение экологических проблем и энергетическую независимость страны, импортирующей сегодня более 70% энергии.

Программа «Солар-91» осуществляется практически без поддержки государственного бюджета, в основном, за счет добровольных усилий и средств отдельных граждан, предпринимателей и муниципалитетов. Гелиоустановку на кремниевых фотопреобразователях, чаще всего мощностью 2 – 3 кВт, монтируют на крышах и фасадах зданий. Она занимает примерно 20 – 30 м<sup>2</sup>. Такая установка вырабатывает в год в среднем 2000 кВт · ч электроэнергии, что достаточно для обеспечения бытовых нужд среднего швейцарского дома и зарядки бортовых аккумуляторов электромобиля. Дневной избыток энергии в летнюю пору направляют в электрическую сеть общего пользования. Зимой же, особенно в ночные часы, энергия может быть бесплатно возвращена владельцу гелиоустановки.

Крупные фирмы монтируют на крышах производственных корпусов гелиостанции мощностью до 300 кВт. Одна такая станция может покрыть потребности предприятия в энергии на 50 – 70%.

В районах альпийского высокогорья, где нерентабельно прокладывать линии электропередач, строятся автономные гелиоустановки с аккумуляторами.

Опыт эксплуатации свидетельствует, что Солнце уже в состоянии обеспечить энергопотребности, по меньшей мере, всех жилых зданий в стране. Гелиоустановки, располагаясь на крышах и стенах зданий, на шумозащитных ограждениях автодорог, на транспортных и промышленных сооружениях, не требуют для размещения дорогостоящей сельскохозяйственной или городской территории.

Автономная солнечная установка у поселка Гримзель дает электроэнергию для круглосуточного освещения автодорожного тоннеля. Вблизи города Шур солнечные панели, смонтированные на 700-метровом участке шумозащитного ограждения, ежегодно дают 100 кВт электроэнергии. Солнечные панели мощностью 320 кВт, установленные по заказу фирмы Vigal на крыше ее производственного корпуса в Мюнзингене, почти полностью покрывают технологические потребности предприятия в тепле и электроэнергии.

Современная концепция использования солнечной энергии наиболее полно выражена при строительстве корпусов завода оконного стекла в Арисдорфе, где солнечным панелям общей мощностью 50 кВт еще при проектировании была отведена дополнительная роль элементов перекрытия и оформления фасада.

КПД кремниевых фотопреобразователей при сильном нагреве заметно снижается, и поэтому под солнечными панелями проложены вентиляционные трубопроводы для прокачки наружного воздуха. Нагретый воздух работает как теплоноситель коллекторных устройств. Темно-синие, искрящиеся на солнце фотопреобразователи на южном и западном фасадах административного корпуса, отдавая в сеть 9 кВт электроэнергии, выполняют роль декоративной облицовки.

Далее рассмотрим некоторые аспекты применения солнечной энергии.

#### ***4.1.2. Нагревание воды солнечным излучением***

Наиболее подходящая область использования солнечной энергии – подогрев воздуха и воды. В районах с холодным климатом необходимы отопление жилых зданий и горячее водоснабжение. В промышленности

также требуется большое количество горячей воды. В Австралии, например, на подогрев жидкостей до температур ниже 100°C расходуется почти 20% потребляемой энергии. В связи с этим в некоторых странах, особенно в Австралии, Израиле, США, Японии, активно расширяется производство солнечных нагревательных систем.

Энергия Солнца используется в нагревателях воды, воздуха, солнечных дистилляторах, зерносушилках, солнечных банях (солнечных энергетических установках башенного типа).

В табл. 4.1 приведена ориентировочная стоимость приемников солнечного излучения.

Таблица 4.1

**Стоимость приемников солнечного излучения**

Поверхность	Стеклопанельное покрытие	Обозначение	Цена, долл./м <sup>2</sup>
Черная	нет	в	20
	один слой	д, е	50 – 200
	два слоя	ж	300
Селективная	один слой	е, з	300
	два слоя	ж, з	400
	вакуумированная трубка	и	500

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости.

Плоские приемники собирают как прямое, так и рассеянное излучение и поэтому могут работать также и в облачную погоду. В связи с этим, а также с учетом относительно невысокой стоимости (см. табл. 4.1) плоские приемники являются предпочтительными при нагревании жидкостей до температур ниже 100°C.

Простые приемники содержат весь объем жидкости, которую необходимо нагреть. Приемники более сложной конструкции нагревают за определенное время только небольшое количество жидкости, которая затем, как правило, накапливается в отдельном резервуаре, что позволяет снижать теплотери системы в целом.

Приемники солнечной энергии можно классифицировать следующим образом:

а – открытый резервуар на поверхности земли. Тепло легко уходит в землю;

б – открытый резервуар, изолированный от земли. Чистая вода не является хорошим поглотителем, потери тепла происходят вследствие испарения;

в – черный резервуар. Используется в Японии для подогрева воды к вечерним ваннам; характеризуется большими потерями тепла, особенно в ветренную погоду, и невозможностью накопления нагретой воды на ночь;

г – черный резервуар с изолированным от земли дном. Потери тепла происходят через верхнюю крышку, поэтому теплопотери всего в 2 раза ниже, чем в предыдущем случае;

д – черный резервуар в контейнере со стеклянной крышкой. Использование полиэтиленовых крышек дешевле, но они быстро разрушаются на солнце;

е – металлическая пластина с трубками и заполненная водой плоская емкость. Стандартный промышленный приемник; нагреваемая жидкость протекает сквозь приемник и накапливается в специальном резервуаре. Заполненная водой пластина более эффективна, чем пластина с трубками;

ж – пластинчатый приемник с двойным стеклянным покрытием. Жидкость может быть нагрета до  $100^{\circ}\text{C}$ ;

з – селективная поверхность, радиационные потери ниже;

и – вакуумированный приемник. Жидкость в черной внутренней трубке, стеклянная наружная трубка. Нет конвективных потерь через наружную поверхность.

На рис. 4.2 приведена схема водонагревательной установки.

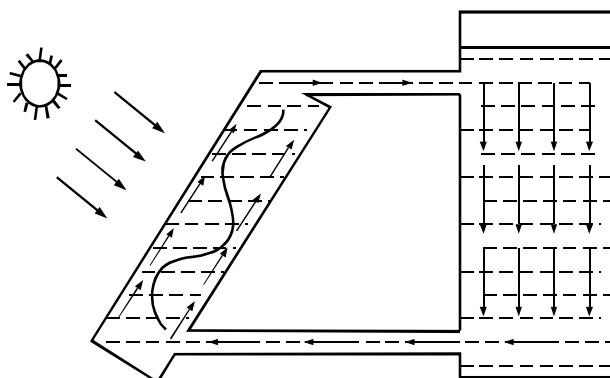


Рис. 4.2. Солнечный водонагреватель

Водонагреватель данной конструкции предназначен для снабжения горячей водой, в основном, индивидуальных хозяйств. Устройство состоит из короба со змеевиком, бака холодной воды, бака-аккумулятора и труб. Короб стационарно устанавливается под углом  $30 - 50^\circ$  с ориентацией на южную сторону. Холодная, более тяжелая, вода постоянно поступает в нижнюю часть короба, там она нагревается и, вытесненная холодной водой, поступает в бак-аккумулятор. Она может быть использована для отопления, для душа либо для других бытовых нужд.

Дневная производительность на широте  $50^\circ$  примерно равна  $2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  с квадратного метра. Температура воды в баке-аккумуляторе достигает  $60 - 70^\circ\text{C}$ . КПД установки – 40%.

#### *4.1.3. Другие применения солнечной энергии*

Солнечную энергию можно использовать не только для подогрева воды, но и для подогрева воздуха, просушивания зерна, обогрева зданий. Эти приложения имеют важное значение для экономики. Значительная часть урожая в мире теряется вследствие поражения плесневым грибом, которое можно предупредить правильным просушиванием. Частичная разгрузка энергетики, связанная с проектированием или перестройкой зданий для использования солнечного тепла, позволит сэкономить громадные средства, которые затрачиваются на топливо. Тепловые двигатели, эффективность которых возрастает с повышением рабочей температуры, очевидно, также могут использовать солнечное тепло. Высокие температуры можно получить при концентрации потока солнечного излучения на малой площади.

Рассмотрим кратко некоторые возможности использования солнечной энергии.

#### *Подогреватели воздуха*

Теплый воздух необходим для просушки зерна и обогрева жилищ. Солнечные нагреватели воздуха подобны нагревателям воды, в которых жидкость нагревается, контактируя с поглощающей излучение поверхностью.

Плотность воздуха составляет 0,001 плотности воды, поэтому при том же энергокладе объемный расход воздуха может быть гораздо выше. Однако, поскольку теплопроводность воздуха намного ниже, чем теплопроводность воды, для сходных условий передача энергии от при-

емной поверхности к теплоносителю происходит намного слабее. Поэтому нагреватели чаще всего изготавливают с шероховатыми приемными поверхностями или с поверхностями, на которых нарезаны канавки для увеличения площади и усиления турбулентности, необходимой для теплопередачи в воздухе. Альтернативный вариант состоит в увеличении контактной поверхности при использовании пористых или сетчатых приемников.

Нагреватели воздуха дешевле водяных, так как в них не требуется заливать тяжелую жидкость, их можно изготовить из светлых местных материалов и нет необходимости защищать от мороза.

#### Зерносушилки

Большинство культур перед закладкой на хранение необходимо просушить, иначе насекомые и плесневые грибки, которые быстро размножаются в условиях повышенной влажности, сделают их непригодными к употреблению. В зерносушилках происходит перенос влаги от сельскохозяйственной культуры в окружающий воздух.

Во время просушивания зерно будет отдавать влагу воздуху до тех пор, пока не будет достигнуто равновесное содержание влаги, значение которого для данного продукта зависит от температуры и влажности окружающего воздуха.

Процесс просушивания происходит неравномерно. Большая часть влаги содержится в сельскохозяйственных продуктах в виде жидкости, попавшей в поры, которая быстро теряется после уборки урожая. Оставшаяся часть воды, обычно 30 – 40%, связана на поверхности продукта химически, и поэтому удалить ее труднее. Зерно необходимо просушить достаточно быстро, в течение нескольких дней после уборки урожая, так как в сыром или даже влажном зерне быстро разрастается плесень.

#### Солнечные отопительные системы

В странах с холодным климатом большая часть энергии расходуется на отопление зданий зимой.

*Пассивные солнечные системы.* Идея пассивной отопительной солнечной системы состоит в выборе приемлемой площадки с обращенной к Солнцу поверхностью так, чтобы получить оптимальное количество солнечного тепла для данной строительной конструкции. Первый шаг состоит в обеспечении качественной изоляции здания, включающей

предупреждение сквозняков и устройство контролируемой вентиляции с регенерацией тепла.

Считается, что качественно спроектированный дом можно обогревать от Солнца, однако конструирование пассивных солнечных отопительных систем на практике оказывается более сложным. Такой дом нагревается до необходимой температуры только к середине дня. Однако тепло в доме необходимо поддерживать и ночью, кроме того, в доме требуется вентиляция.

Недостатком простых систем прямого нагрева является то, что в таком доме может быть слишком жарко в течение дня, особенно летом. Это неудобство может быть уменьшено, если делать достаточно большим козырек крыши.

*Активные солнечные системы.* В активных солнечных системах используются внешние нагреватели воздуха или воды. Такие системы легче контролировать, чем чисто пассивные, кроме того, их можно устанавливать на существующие здания.

Использование водонагревательных систем требует наличия теплообменников, для воздушнонагревательных систем необходимы системы воздухопроводов. Циркуляция теплоносителей осуществляется с помощью насосов или вентиляторов. Активные солнечные системы, так же как и пассивные, хорошо работают только при минимальных потерях тепла.

Приведем конкретный пример использования солнечной энергии для отопления жилого дома.

Среднее за год значение суммарной солнечной радиации на широте  $55^\circ$ , поступающей в сутки на  $20 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности, составляет  $50 - 60 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . Это соответствует затратам энергии на отопление дома площадью  $60 \text{ м}^2$ .

Для условий эксплуатации сезонно обитаемого жилища средней полосы наиболее подходящей является воздушная система теплоснабжения. Воздух нагревается в солнечном коллекторе и по воздуховодам подается в помещение. Удобства применения воздушного теплоносителя по сравнению с жидкостным очевидны:

- нет опасности, что система замерзнет;
- нет необходимости в трубах и кранах;
- простота и дешевизна.

Недостаток – невысокая теплоемкость воздуха.

Конструктивно коллектор представляет собой ряд застекленных вертикальных коробов, внутренняя поверхность которых зачернена матовой краской, не дающей запаха при нагреве. Ширина короба около 60 см. В части расположения солнечного коллектора на доме предпочтение отдается вертикальному варианту. Он много проще в строительстве и дальнейшем обслуживании. По сравнению с наклонным коллектором (например, занимающим часть крыши), не требуется уплотнения от воды, отпадает проблема снеговой нагрузки, с вертикальных стекол легко смыть пыль.

Плоский коллектор, помимо прямой солнечной радиации, воспринимает рассеянную и отраженную радиацию: в пасмурную погоду, при легкой облачности, словом, в тех условиях, какие мы реально имеем в средней полосе. Плоский коллектор не создает высокопотенциальной теплоты, как концентрирующий коллектор, но для конвекционного отопления этого и не требуется, здесь достаточно иметь низкопотенциальную теплоту. Солнечный коллектор располагается на фасаде, ориентированном на юг (допустимо отклонение до  $30^\circ$  на восток или на запад).

Неравномерность солнечной радиации в течение дня, а также желание обогревать дом ночью и в пасмурный день диктуют необходимость устройства теплового аккумулятора. Днем он накапливает тепловую энергию, а ночью отдает. Для работы с воздушным коллектором наиболее рациональным считается гравийно-галечный аккумулятор. Он дешев, прост в строительстве. Гравийную засыпку можно разместить в теплоизолированной заглубленной цокольной части дома. Теплый воздух нагнетается в аккумулятор с помощью вентилятора.

Для дома площадью  $60 \text{ м}^2$  объем аккумулятора составляет от 3 до  $6 \text{ м}^3$ . Разброс определяется качеством исполнения элементов гелиосистемы, теплоизоляцией, а также режимом солнечной радиации в конкретно местности. Система солнечного теплоснабжения дома работает в четырех режимах (рис.4.3):

- отопление и аккумулярование тепловой энергии (*a*);
- отопление от аккумулятора (*b*);
- аккумулярование тепловой энергии (*в*);
- отопление от коллектора (*г*).

В холодные солнечные дни нагретый в коллекторе воздух поднимается и через отверстия у потолка поступает в помещения. Циркуляция воздуха идет за счет естественной конвекции. В ясные теплые дни горячий воздух забирается из верхней зоны коллектора и с помощью вен-



тилятора прокачивается через гравий, заряжая тепловой аккумулятор. Для ночного отопления и на случай пасмурной погоды воздух из помещения прогоняется через аккумулятор и возвращается в комнаты подогретым.

В средней полосе гелиосистема лишь частично обеспечивает потребности отопления. Опыт эксплуатации показывает, что сезонная экономия топлива за счет использования солнечной энергии достигает 60%.

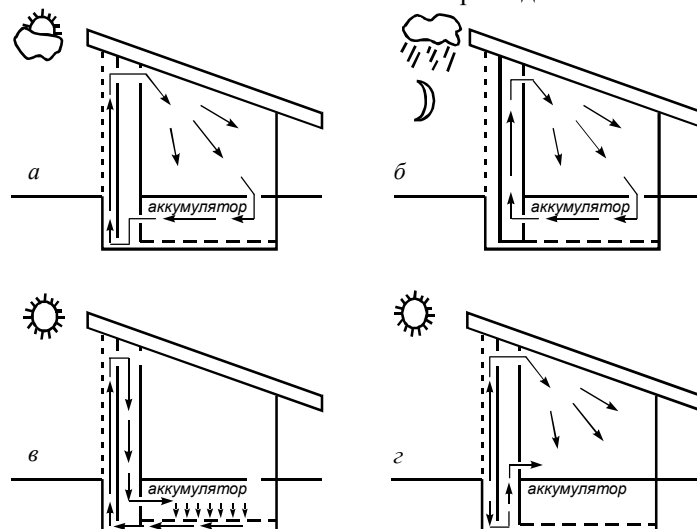


Рис. 4.3. Режимы солнечного теплоснабжения

#### Охлаждение воздуха

Солнечную энергию можно использовать также для охлаждения воздуха, например в абсорбционных холодильниках. В стандартных компрессионных холодильниках рабочая жидкость испаряется в процессе теплообмена при повышенном давлении, которое поддерживается с помощью компрессора. В абсорбционном холодильнике необходимое повышение давления обеспечивается разностью давлений паров хладагента в генераторе, содержащем пары хладагента над концентрированным раствором жидкого хладагента, и поглотителе, содержащем пары хладагента над разбавленным раствором. В абсорбционном холодильнике требуется подвод тепла для повышения температуры в генераторе до такого уровня, когда давление пара в генераторе становится равным давлению

нию насыщения в конденсаторе. Обычно в качестве охлаждающей жидкости используется вода, в качестве абсорбента – бромид лития.

Тепло, необходимое для работы абсорбционных холодильников, может быть получено, в частности, и от солнечных нагревательных систем. Недостатками относительно недорогих систем с плоскими пластинчатыми солнечными нагревателями являются сложность изготовления и низкая эффективность.

Существует множество холодильников, использующих солнечную энергию, в том числе и такие устройства, которые могут работать в 24-часовом цикле.

Лучшими устройствами для охлаждения зданий в районах с жарким климатом также являются пассивные. В них используются или естественные потоки охлажденного воздуха (во влажных районах), холодный воздух, запасенный ночью или зимой (в сухих районах), или в некоторых случаях принудительная конвекция охлажденного воздуха.

Для охлаждения пищевых продуктов, по крайней мере в малых количествах, питание промышленных компрессионных холодильников и морозильников может осуществляться от солнечных элементов или батарей. В настоящее время это экономически выгодно только в районах, удаленных от стандартных энергосетей.

#### Использование энергии Солнца в автомобилях

Один из крупных разделов программы «Солар-91» – развитие транспортных средств использующих солнечную энергию, так как автотранспорт «съедает» четверть энергетических ресурсов, необходимых стране. Ежегодно в Швейцарии проводится международное ралли солнцемобилей «Тур де сол». Трасса ралли, протяженностью 644 км, проложена по дорогам северо-западной Швейцарии и Австрии. Гонки состоят из 6 однодневных этапов, длина каждого – от 80 до 150 км.

Швейцарские граждане возлагают большие надежды на децентрализованное производство электрической и тепловой энергии собственными гелиоустановками. Это отвечает независимому и самостоятельному швейцарскому характеру, чувству цивилизованного собственника, не жалеющего средств ради чистоты горного воздуха, воды и земли. Наличие персональных гелиостанций стимулирует развитие в стране электроники и электротехники, приборостроения, технологии новых материалов и других наукоемких отраслей.

В июне 1985 г. Урс Мунтвайлер, 27-летний инженер из Берна, провел по дорогам Европы первое многодневное ралли легких электромобилей,

оборудованных фотопреобразователями и использующих для движения солнечную энергию. В нем участвовало несколько швейцарских самоделщиков, восседавших в «поставленных на колеса ящиках из-под мыла» с прикрученными к ним сверху солнечными панелями. Во всем мире тогда едва ли можно было насчитать с десяток гелиомобилей.

Прошло четыре года. «Тур де сол» превратился в неофициальный чемпионат мира. В пятом «солнечном ралли», состоявшемся в 1989 г., участвовало свыше 100 представителей из ФРГ, Франции, Англии, Австрии, США и других стран. Тем не менее, больше половины гелиомобилей принадлежало по-прежнему швейцарским первопроходцам.

В течение последующих пяти лет появилось понятие серийный гелиомобиль. Гелиомобиль считается серийным, если фирма-изготовитель продала не менее 10 образцов и они имеют сертификат, разрешающий движение по дорогам общего пользования.

## 4.2. Ветроэнергетика

### 4.2.1. История ветроэнергетики

Энергия ветра — это преобразованная энергия солнечного излучения, и пока светит солнце, будут дуть и ветры. Таким образом, ветер — это возобновляемый источник энергии.

Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Климатические условия позволяют развивать ветроэнергетику на огромной территории, от наших западных границ до берегов Енисея. Богаты энергией ветра северные районы страны, вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Почему же столь обильный, доступный да и экологически чистый источник энергии так слабо используется? В наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии. Техника XX века открыла совершенно новые возможности для ветроэнергетики, основной задачей которой является получение электроэнергии. В начале века Н.Е. Жуковский разработал теорию ветродвигателя, на основе которой могли быть созданы высокопроизводительные установки, способные получать энергию от самого слабого ветерка. Появилось множество проектов ветроагрегатов, несравненно более совершенных, чем старые ветряные мельницы. В новых проектах используются достижения многих отраслей знания. В наши дни к созданию конструкций ветроколеса привлекаются специалисты-самолетостроители, умеющие

выбрать наиболее целесообразный профиль лопасти, исследовать его в аэродинамической трубе. Усилиями ученых и инженеров созданы самые разнообразные конструкции современных ветровых установок.

Первой лопастной машиной, использовавшей энергию ветра, был парус. Парус и ветродвигатель кроме одного источника энергии объединяет один и тот же используемый принцип. Исследования Ю.С. Крючкова показали, что парус можно представить в виде ветродвигателя с бесконечным диаметром колеса. Парус является наиболее совершенной лопастной машиной, с наивысшим коэффициентом полезного действия, которая непосредственно использует энергию ветра для движения.

Еще в 1714 г. француз Дю Квит предложил использовать ветродвигатель в качестве движителя для перемещения по воде. Пятилопастное ветроколесо, установленное на треноге, должно было приводить в движение гребные колеса. Идея так и осталась на бумаге, хотя понятно, что ветер произвольного направления может двигать судно в любом направлении.



Рис. 4.4. Ветродвигатель карусельного типа

Первые разработки теории ветродвигателя относятся к 1918 г. В. Залевский заинтересовался ветряками и авиацией одновременно. Он начал создавать полную теорию ветряной мельницы и вывел несколько теоретических положений, которым должна отвечать ветроустановка.

В начале XX века интерес к воздушным винтам и ветроколесам не был обособлен от общих тенденций времени – использовать ветер, где это только возможно. Первоначально наибольшее распространение

ветроустановки получили в сельском хозяйстве. Воздушный винт использовали для привода судовых механизмов. На всемирно известном «Фраме» («Фрам» [фр. *fram* – вперед] – исследовательское судно Ф. Нансена, исследователя Арктики) он вращал динамомашину. На парусниках ветряки приводили в движение насосы и якорные механизмы.

В России к началу нынешнего века вращалось около 2500 тысяч ветряков общей мощностью миллион киловатт. После 1917 г. мельницы остались без хозяев и постепенно разрушились. Правда, делались по-

пытка использовать энергию ветра уже на научной и государственной основе. В 1931 г. вблизи Ялты была построена крупнейшая по тем временам ветроэнергетическая установка мощностью 100 кВт, а позднее разработан проект агрегата на 5000 кВт. Но реализовать его не удалось, так как Институт ветроэнергетики, занимавшийся этой проблемой, был закрыт.

Такова была общемировая тенденция. В США к 1940 г. построили ветроагрегат мощностью в 1250 кВт. К концу войны одна из его лопастей получила повреждение. Ее даже не стали ремонтировать, посчитав, что выгодней использовать обычную дизельную электростанцию.

Неудавшиеся попытки использовать энергию ветра в крупномасштабной энергетике сороковых годов не были случайны. Нефть оставалась сравнительно дешевой, резко снизились удельные капитальные вложения на крупных тепловых электростанциях, освоение гидроэнергии, как тогда казалось, гарантирует и низкие цены, и удовлетворительную экологическую чистоту.

#### 4.2.2 Принципы использования энергии ветра

Ветроэнергетика с ее современным техническим оснащением является вполне сложившимся направлением энергетики. Ветроэнергетические установки (ВЭУ) мощностью от нескольких киловатт до мегаватт производятся в Европе, США и других частях мира. Большая часть этих установок используется для производства электроэнергии – как в единой энергосистеме, так и в автономных режимах.

При скорости ветра  $u_0$  и плотности воздуха  $\rho$  ветроколесо, ометающее площадь  $A$ , развивает мощность

$$P = C_p A \frac{\rho u_0^3}{2},$$

где  $C_p$  – параметр, характеризующий эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и называемый коэффициентом мощности (коэффициент зависит от конструкции ветроколеса и скорости ветра). Так как скорость ветра непостоянна, а мощность очень сильно зависит от скорости, то выбор оптимальной конструкции ветроколеса во многом определяется требованиями потребителя энергии.

Максимальная проектная мощность ветроэнергетической установки определяется для некоторой стандартной скорости ветра. Обычно эта скорость равна примерно 12 м/с, при этом снимаемая с 1 м<sup>2</sup> ометаемой

площади мощность – порядка 300 Вт при  $C_p$  от 0,35 до 0,45. В таблицах представлены классификации силы ветра по шкале Бофорта (табл. 4.2) и основные характеристики ВЭУ различных классов (табл. 4.3). В районах с благоприятными ветровыми условиями среднегодовое производство электроэнергии составляет 25 – 33% его максимального проектного значения. Срок службы ветрогенераторов обычно не менее 15 – 20 лет, а их стоимость колеблется от 1000 до 1500 долл. США за 1 кВт проектной мощности.

Таблица 4.2

**Сила ветра по шкале Бофорта и ее влияние на ветроустановки  
и условия их работы**

Баллы Бофорта	Скорость ветра, м/с	Характеристика силы ветра	Наблюдаемые эффекты действия	Воздействие ветра на ВЭУ	Условия для работы ВЭУ
1	2	3	4	5	6
0	0,0–0,4	Штиль	Дым из труб поднимается вертикально	Нет	Отсутствуют
1	0,4–1,8	Тихий	Дым поднимается не совсем отвесно, но флюгеры неподвижны. На воде поднимается рябь	Нет	Отсутствуют
2	1,8–3,5	Легкий	Ветер ощущается лицом, шелестят листья, на воде отчетливое волнение	Нет	Плохие для всех установок
3	3,6–5,8	Слабый	Колеблются листья на деревьях, развеваются легкие флаги, на отдельных волнах появляются барашки (гребни)	Начинают вращаться тихоходные ветроколеса	Удовлетворительные для работы насосов и некоторых аэрогенераторов
4	5,8–8,5	Умеренный	Колеблются тонкие ветки деревьев, поднимается пыль и клочки бумаги, на воде много барашков	Начинают вращаться колеса ветрогенераторов	Хорошие для аэрогенераторов
5	8,5–11	Свежий	Начинают раскачиваться лиственные деревья,	Мощность ВЭУ достигает	Очень хорошие

			все волны в барашках	30% проектной	
6	11–14	Сильный	Раскачиваются большие ветки деревьев, гудят телефонные провода, пенятся гребни волн	Мощность в расчетном диапазоне близка к максимальной	Приемлемы для прочных малогабаритных установок
7	14–17	Крепкий	Все деревья раскачиваются, с гребней волн срывается пена	Максимальная мощность	Предельно допустимые

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
8	17–21	Очень крепкий	Ломаются ветки деревьев, трудно идти против ветра, с волн срываются клочья пены	Ряд ветроустановок начинает отключаться	Недопустимые
9	21–25	Шторм	Небольшие разрушения, срываются дымовые трубы	Все установки отключаются	Недопустимые
10	25–29	Сильный шторм	Значительные разрушения, деревья вырываются с корнем	Предельные нагрузки	Недопустимые
11	29–34	Жесткий шторм	Широкомасштабные разрушения	Повреждения некоторых установок	Недопустимые
12	Более 34	Ураган	Опустошительные разрушения	Серьезные повреждения, вплоть до разрушения установок	Недопустимые

Таблица 4.3

**Параметры ветроэнергетических установок различной проектной мощности при скорости ветра 12 м/с**

Класс ВЭУ	Расчетная (проектная) мощность, кВт	Диаметр ветроколеса, м	Период вращения, с
-----------	-------------------------------------	------------------------	--------------------

Малые	10	6,4	0,3
	25	10	0,4
Средние	50	14	0,6
	100	20	0,9
	150	25	1,1
Большие	250	32	1,4
	500	49	2,1
	1000	64	3,1
Очень большие	2000	90	3,9
	3000	110	4,8
	4000	130	5,7

Одно из основных условий при проектировании ветровых установок – обеспечение их защиты от разрушения очень сильными порывами ветра. Ветровые нагрузки пропорциональны квадрату скорости ветра, а раз в 50 лет бывают ветры со скоростью, в 5 – 10 раз превышающей среднюю, поэтому установки приходится проектировать с большим запасом прочности. Кроме того, скорость ветра очень колеблется во времени, что может привести к усталостным разрушениям, а для лопастей к тому же существенны переменные гравитационные нагрузки.

Причиной возникновения ветров является поглощение земной атмосферой солнечного излучения, приводящее к расширению воздуха и появлению конвективных течений. В глобальном масштабе на эти термические явления накладывается эффект вращения Земли, приводящий к появлению преобладающих направлений ветра. Кроме этих общих, или синоптических, закономерностей многое в этих процессах определяется местными особенностями, обусловленными определенными географическими или экологическими факторами. Скорость ветров увеличивается с высотой, а их горизонтальная составляющая значительно больше вертикальной. Последнее обстоятельство является основной причиной возникновения резких порывов ветра и некоторых других мелкомасштабных явлений.

По территориальному принципу можно выделить глобальные и местные ветры.

К глобальным ветрам относятся пассаты и западный ветер.

Пассаты образуются в результате нагрева экваториальной части Земли. Нагретый воздух поднимается вверх, увлекая за собой воздушные массы с севера и юга. Вращение Земли отклоняет потоки воздуха. В результате устанавливаются дующие круглый год с постоянной силой северо-восточный пассат в северном полушарии и юго-восточный – в



южном. Пассаты дуют в приэкваториальной области, заключенной между 25 и 30° северной и южной широтами соответственно. В северном полушарии пассаты охватывают 11% поверхности океанов, а в южной – 20%. Сила пассатного ветра обычно составляет 2 – 3 балла. Западный ветер дует круглый год с запада на восток в полосе от 40 до 60° южной широты вдоль кромки дрейфующих льдов Антарктиды. Это самый сильный постоянный ветер. Его сила достигает 8 – 10 баллов и редко бывает менее 5 баллов.

В глубине материка нет постоянного направления ветра. Так как разные участки суши в разное время года нагреваются по-разному, можно говорить только о преимущественном сезонном направлении ветра. Кроме того, на разной высоте ветер ведет себя по-разному, а для высот до 50 м характерны «рыскающие» потоки.

Потенциал атмосферы можно вычислить, зная ее массу и скорость рассеяния энергии. Для приземного слоя толщиной в 500 м энергия ветра, превращающаяся в тепло, составляет примерно 82 трлн кВт · ч в год. Конечно, всю ее использовать невозможно, в частности, по той причине, что часто поставленные ветряки будут затенять друг друга. В то же время отобранная у ветра энергия, в конечном счете, вновь превратится в тепло.

Среднегодовые скорости воздушных потоков на 100-метровой высоте превышают 7 м/с. Если выйти на высоту в 100 м, используя подходящую естественную возвышенность, то везде можно ставить эффективный ветроагрегат. Если взять только нижний 100-метровый слой и поставить установку на 100 км<sup>2</sup>, то при установленной мощности около 2 млрд кВт можно выработать за год 5 трлн кВт · ч, что в 2 раза больше гидроэнергетического потенциала стран СНГ.

Первыми для плавания использовались местные ветры. К ним относятся бризы (бриз [фр. brise] – свежий ветер). Бризы – это легкие ветры, окаймляющие берега материков и больших островов, вызываемые суточным колебанием температуры. Их периодичность обусловлена различием температуры суши и моря днем и ночью. Днем суша нагревается быстрее и сильнее, чем море.

Теплый воздух поднимается над береговой полосой, а на его место устремляется прохладный воздух с моря – морской бриз. Ночью берег охлаждается быстрее и сильнее, чем море, поэтому теплый воздух поднимается над морем, а его замещает холодный воздух с суши – береговой бриз.

Вторыми, постоянно дующими ветрами, являются муссоны (муссон [арабск. мавсим] – время года). Эти ветры дуют в Индийском океане и связаны с сезонным изменением температуры материка и океана. Летом солнечные лучи сильнее нагревают сушу и ветер дует с моря на сушу. Зимой муссон дует с суши на море. Вращение Земли вызывает появление сил Кориолиса, которые отклоняют муссоны вправо. Поэтому летом дуют юго-западные муссоны, а зимой – северо-восточные. Муссоны достигают большой силы и вызывают в Индийском океане соответствующие местным ветрам поверхностные течения.

Суммарная кинетическая энергия ветров оценивается величиной порядка  $0,7 \cdot 10^{21}$  Дж. Вследствие трения, в основном в атмосфере, а также при контакте с земной и водной поверхностями эта энергия непрерывно рассеивается, при этом рассеивается мощность – порядка 1200 ТВт ( $1,2 \cdot 10^{21}$  Вт), что равно примерно 1% поглощенной энергии солнечного излучения.

Достоверно оценить, какая доля энергии ветра может быть использована, вряд ли возможно, так эта оценка очень сильно зависит от уровня развития ветроэнергетики и ее потребителей. Тем не менее официальные оценки возможной доли ветроэнергетики в энергетике в целом, например в Великобритании и Германии, не предполагающие каких-либо серьезных изменений в сложившейся инфраструктуре энергопотребления, дают не менее 20%.

При определенных изменениях инфраструктуры доля ветроэнергетики может быть существенно большей. Автономные ветровые энергоустановки весьма перспективны для вытеснения дизельных электростанций и отопительных установок, работающих на нефтепродуктах, особенно в отдаленных районах и на островах.



Рис. 4.5. Крыльчатый ветродвигатель

#### 4.2.3. Классификация ветроустановок

Принцип действия всех ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу. Чем больше диаметр ветроколеса, тем больший воздушный поток оно захваты-

вает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

Принципиальная простота дает здесь исключительный простор для конструкторского творчества, но только на первый взгляд ветроагрегат представляется простой конструкцией.

Традиционная компоновка ветряков – с горизонтальной осью вращения (рис.4.5) – неплохое решение для агрегатов малых размеров и мощностей. Когда же размахи лопастей выросли, такая компоновка оказалась неэффективной, так как на разной высоте ветер дует в разные стороны. В этом случае не только не удастся оптимально ориентировать агрегат по ветру, но и возникает опасность разрушения лопастей.

Кроме того, концы лопастей крупной установки, двигаясь с большой скоростью, создают шум. Однако главное препятствие на пути использования энергии ветра все же экономическая – мощность агрегата остается небольшой и доля затрат на его эксплуатацию оказывается значительной. В итоге себестоимость энергии не позволяет ветрякам с горизонтальной осью составить реальную конкуренцию традиционным источникам энергии.

Значительные успехи в создании ВЭС были достигнуты за рубежом. Во многих странах Западной Европы построено довольно большое количество установок по 100 – 200 кВт. Во Франции, Дании и в некоторых других странах были введены в строй ВЭС с номинальными мощностями свыше 1 МВт (табл. 4.4).

Таблица 4.4

**Наиболее крупные ветроэнергетические установки**

Страна	Название установки	Диаметр рабочего колеса, м	Мощность, МВт
США	WTS-4	78	4
Канада	Eole	64	4
ФРГ	Growian	100	3
Великобритания	LSI	60	3
Швеция	WTS-3	78	3
Дания	Elsam	60	2

По прогнозам фирмы Боинг (США) на текущее столетие, длина лопастей крыльчатых ветродвигателей не превысит 60 м, что позволит

создать ветроагрегаты традиционной компоновки мощностью 7 МВт. Сегодня самые крупные из них вдвое «слабее». В большой ветроэнергетике только при массовом строительстве можно рассчитывать на то, что цена киловатт-часа снизится до десяти центов.

Маломощные агрегаты могут вырабатывать энергию примерно втрое более дорогую. Для сравнения отметим, что серийно выпускавшийся в 1991 г. НПО «Ветроэн» крыльчатый ветродвигатель имел размах лопастей 6 м и мощность 4 кВт. Его киловатт-час обходился в 8 – 10 коп.

Ветроэнергетические установки классифицируются по двум основным признакам – геометрии колеса и его положению относительно направления ветра.

Основные разновидности ветроагрегатов изображены на рис. 4.6. Они делятся на две группы:

- 1) ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые) (2 – 5);
- 2) ветродвигатели с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные (1) и ортогональные (6)).

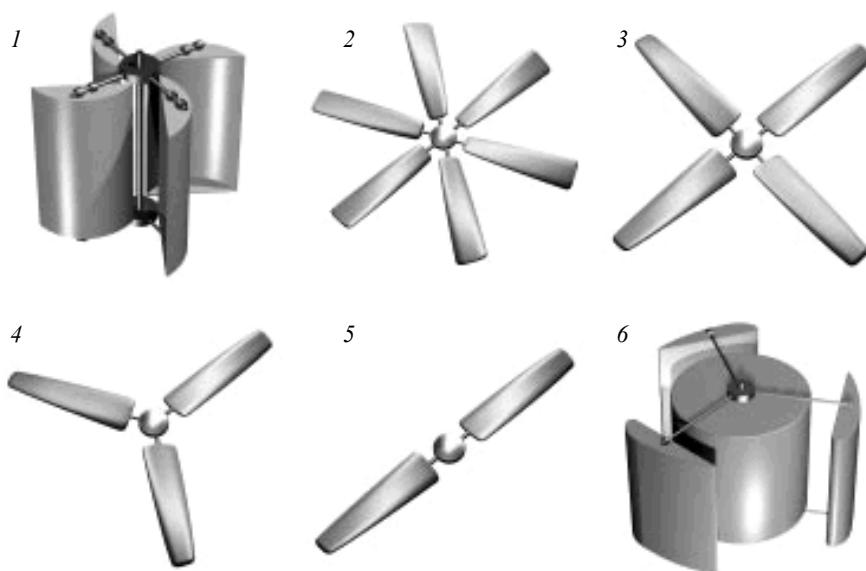


Рис. 4.6. Типы ветродвигателей

Типы крыльчатых ветродвигателей отличаются только количеством лопастей.

Для крыльчатых ветродвигателей, наибольшая эффективность которых достигается при действии потока воздуха перпендикулярно к плоскости вращения лопастей-крыльев, требуется устройство автоматического поворота оси вращения. С этой целью применяют крылостабилизатор. Карусельные ветродвигатели обладают тем преимуществом, что могут работать при любом направлении ветра, не изменяя своего положения.

Коэффициент использования энергии ветра (см. рис. 4.7) у крыльчатых (2 – 5) ветродвигателей намного выше, чем у карусельных (1, 6). В то же время, у карусельных намного больше момент вращения. Он максимален для карусельных лопастных агрегатов при нулевой относительной скорости ветра.

Распространение крыльчатых ветроагрегатов объясняется величиной скорости их вращения. Они могут непосредственно соединяться с генератором электрического тока без мультипликатора. Скорость вращения крыльчатых ветродвигателей обратно пропорциональна количеству крыльев, поэтому агрегаты с количеством лопастей больше трех практически не используются.

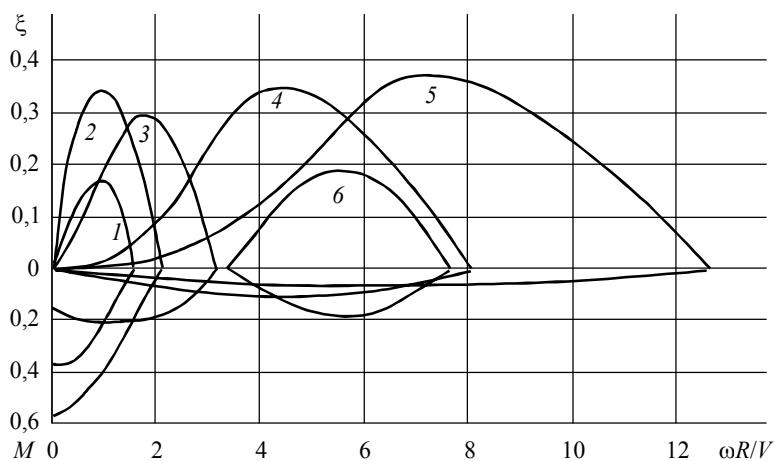


Рис. 4.7. Коэффициенты использования энергии ветра и вращающие моменты различных типов ветродвигателей

Различие в аэродинамике дает карусельным установкам (рис.4.8) преимущество по сравнению с традиционными ветряками. При увеличении скорости ветра они быстро наращивают силу тяги, после чего скорость вращения стабилизируется. Карусельные ветродвигатели тихоходны, и это позволяет использовать простые электрические схемы, например с асинхронным генератором, без риска потерпеть аварию при случайном порыве ветра. Тихоходность выдвигает одно ограничивающее требование – использование многополюсного генератора, работающего на малых оборотах. Такие генераторы не имеют широкого распространения, а использование мультипликаторов (мультипликатор [лат. *multiplicator* – умножающий] – повышающий редуктор) неэффективно из-за низкого КПД последних.



Рис. 4.8. Однолопастной карусельный двигатель

Еще более важным преимуществом карусельной конструкции стала ее способность без дополнительных ухищрений следить за тем «откуда дует ветер», что весьма существенно для приземных рыскающих потоков. Ветродвигатели подобного типа строятся в США, Японии, Англии, ФРГ, Канаде.

Карусельный лопастный ветродвигатель наиболее прост в эксплуатации. Его конструкция обеспечивает максимальный момент при запуске ветродвигателя и автоматическое саморегулирование максимальной скорости вращения в процессе работы. С увеличением нагрузки уменьшается скорость вращения и возрастает вращающий момент вплоть до полной остановки.

Ортогональные ветроагрегаты, как полагают специалисты, перспективны для большой энергетики. Сегодня перед ветропклонниками ортогональных конструкций стоят определенные трудности. Среди них, в частности, проблема запуска.

В ортогональных установках используется тот же профиль крыла, что и в дозвуковом самолете (см. рис. 4.6, б). Самолет, прежде чем «опереться» на подъемную силу крыла, должен разбежаться. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой. Сначала к ней нужно подвести энергию – раскрутить и довести до определенных аэродинамических параметров, а уже потом она сама перейдет из режима двигателя в режим генератора.

Отбор мощности начинается при скорости ветра около 5 м/с, а номинальная мощность достигается при скорости 14 – 16 м/с. Предварительные расчеты ветроустановок предусматривают их использование в диапазоне от 50 до 20 000 кВт. В реальной установке мощностью 2000 кВт диаметр кольца, по которому движутся крылья, составит около 80 м.

У мощного ветродвигателя большие размеры. Однако можно обойтись и малыми – взять числом, а не размером. Снабдив каждый электрогенератор отдельным преобразователем, можно просуммировать выходную мощность, вырабатываемую генераторами. В этом случае повышается надежность и живучесть ветроустановки.

При взаимодействии потока с лопастью возникают:

- 1) сила сопротивления, параллельная вектору относительной скорости набегающего потока;
- 2) подъемная сила, перпендикулярная силе сопротивления;
- 3) завихрение обтекающего лопасти потока;
- 4) турбулизация потока, т.е. хаотические возмущения его скорости по величине и направлению;
- 5) препятствие для набегающего потока.

Препятствие для набегающего потока характеризуется параметром, называемым геометрическим заполнением и равным отношению площади проекции лопастей на плоскость, перпендикулярную потоку, к ометаемой ими площади.

Основные классифицирующие признаки ветроэнергетических установок можно определить по следующим критериям.

1. Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, установка будет горизонтально-осевой, если ось вращения ветроколеса перпендикулярна воздушному потоку – вертикально-осевой.

2. Установки, использующие в качестве вращающей силы силу сопротивления (драг-машины), как правило, вращаются с линейной скоростью, меньшей скорости ветра, а установки, использующие подъемную силу (лифт-машины), имеют линейную скорость концов лопастей, существенно большую скорости ветра.

3. Для большинства установок геометрическое заполнение ветроколеса определяется числом лопастей. ВЭУ с большим геометрическим заполнением ветроколеса развивают значительную мощность при относительно слабом ветре, и максимум мощности достигается при небольших оборотах колеса. ВЭУ с малым заполнением достигают максимальной мощности при больших оборотах и дольше выходят на этот режим. Поэтому первые установки используются, например, в качестве

водяных насосов и даже при слабом ветре сохраняют работоспособность, вторые – в качестве электрогенераторов, где требуется высокая частота вращения.

4. Установки для непосредственного выполнения механической работы часто называют ветряной мельницей или турбиной, установки для производства электроэнергии, т.е. совокупность турбины и электрогенератора, называют ветроэлектрогенераторами, аэрогенераторами, а также установками с преобразованием энергии.

5. У аэрогенераторов, подключенных напрямую к мощной энергосистеме, частота вращения постоянна вследствие эффекта асинхронизации, но такие установки менее эффективно используют энергию ветра, чем установки с переменной частотой вращения.

6. Ветроколесо может быть соединено с электрогенератором напрямую (жесткое сопряжение) или через промежуточный преобразователь энергии, выполняющий роль буфера. Наличие буфера уменьшает последствия флуктуации частоты вращения ветроколеса, позволяет более эффективно использовать энергию ветра и мощность электрогенератора. Кроме того, существуют частично развязанные схемы соединения колеса с генератором, называемые мягкосопряженными. Таким образом, нежесткое соединение наряду с инерцией ветроколеса уменьшает влияние флуктуаций скорости ветра на выходные параметры электрогенератора. Уменьшить это влияние позволяет также упругое соединение лопастей с осью ветроколеса, например с помощью подпружинных шарниров.

Рассмотрим подробнее принцип действия ветроколес различных типов.

*Ветроколесо с горизонтальной осью.* Рассмотрим горизонтально-осевые ветроколеса пропеллерного типа. Основной вращающей силой у колес этого типа является подъемная сила. Относительно ветра ветроколесо в рабочем положении может располагаться перед опорной башней или за ней. При переднем расположении ветроколесо должно иметь аэродинамический стабилизатор или какое-либо другое устройство, удерживающее его в рабочем положении. При заднем расположении башня частично затеняет ветроколесо и турбулизует набегающий на него поток. При работе колеса в таких условиях возникают циклические нагрузки, повышенный шум и флуктуация выходных параметров ветроустановки. Направление ветра может изменяться довольно быстро, и ветроколесо должно четко отслеживать эти изменения. Поэтому в ВЭУ



мощностью более 50 кВт для этой цели используются электрические серводвигатели.

В ветроэлектростанциях обычно используются двух- и трехлопастные ветроколеса, последние отличаются очень плавным ходом. Электростанция и редуктор, соединяющий его с ветроколесом, расположены обычно наверху опорной башни, в поворотной головке. В принципе их удобнее размещать внизу, возникающие при этом сложности с передачей крутящего момента обесценивают преимущества такого размещения. Многолопастные колеса, развивающие большой крутящий момент при слабом ветре, используются для перекачки воды и других целей, не требующих высокой частоты вращения ветрового колеса.

*Ветроэлектростанция с вертикальной осью.* Ветроэлектростанции с вертикальной осью вращения вследствие своей геометрии при любом направлении ветра находятся в рабочем положении. Кроме того, такая схема позволяет за счет только удлинения вала установить редуктор с генераторами внизу башни.

Принципиальными недостатками таких установок являются: гораздо большая подверженность их усталостным разрушениям из-за более часто возникающих в них автоколебательных процессов и пульсация крутящего момента, приводящая к нежелательным пульсациям выходных параметров генератора. Из-за этого подавляющее большинство ветроэлектростанций выполнено по горизонтально-осевой схеме, однако исследования различных типов вертикально-осевых установок продолжаются.

Наиболее распространенные типы вертикально-осевых установок следующие.

1. Чашечный ротор (анемометр). Ветроколесо этого типа вращается силой сопротивления. Форма чашеобразной лопасти обеспечивает практически линейную зависимость частоты вращения колеса от скорости ветра.

2. Ротор Савониуса. Это колесо также вращается силой сопротивления. Его лопасти выполнены из тонких изогнутых листов прямоугольной формы, т.е. отличаются простотой и дешевизной. Вращающий момент создается благодаря различному сопротивлению, оказываемому воздушному потоку вогнутой и выгнутой относительно него лопастями ротора. Из-за большого геометрического заполнения это ветроколесо обладает большим крутящим моментом и используется для перекачки воды.

3. Ротор Дарье. Вращающий момент создается подъемной силой, возникающей на двух или на трех тонких изогнутых несущих поверхностях, имеющих аэродинамический профиль. Подъемная сила максимальна в тот момент, когда лопасть с большой скоростью пересекает набегающий воздушный поток. Ротор Дарье используется в ветроэлектрогенераторах. Раскручиваться самостоятельно ротор, как правило, не может, поэтому для его запуска обычно используется генератор, работающий в режиме двигателя.

4. Ротор Масгрыва. Лопасти этого ветроколеса в рабочем состоянии расположены вертикально, но имеют возможность вращаться или складываться вокруг горизонтальной оси при отключении. Существуют различные варианты роторов Масгрыва, но все они отключаются при сильном ветре.

5. Ротор Эванса. Лопасти этого ротора в аварийной ситуации и при управлении поворачиваются вокруг вертикальной оси.

*Концентраторы.* Мощность ветроэнергоустановки зависит от эффективности использования энергии воздушного потока. Одним из способов ее повышения является использование специальных концентраторов (усилителей) воздушного потока. Для горизонтально-осевых ветроэлектрогенераторов разработаны различные варианты таких концентраторов. Это могут быть диффузоры или конфузоры (дефлекторы), направляющие на ветроколесо воздушный поток с площади, большей ометаемой площади ротора, и некоторые другие устройства. Широкого распространения в промышленных установках концентраторы пока не получили.

#### **4.2.4. Перспективы использования ВЭУ**

За последние 30 лет внимание мировой общественности к проблеме использования возобновляемых источников энергии резко возросло. Сильным толчком был энергетический кризис 1973 г. Уже в 1974 г. в ряде стран, в том числе и в США, были разработаны многолетние программы исследований, разработок и производства преобразователей солнечной, ветровой, геотермальной энергий и других видов возобновляемых источников. При этом значительная часть финансовых средств, необходимых для реализации указанных программ, выделялась за счет средств госбюджета. Причиной такой реакции на кризис явились доклады крупных ученых-энергетиков, представивших доказательства истощения в ближайшем будущем запасов нефти и реальной опасности

для мирового сообщества наращивания во все возрастающих масштабах использования ископаемых видов топлива, уже приводящего к глобальному потеплению климата и к загрязнению планеты, одним из очевидных последствий которого стало часто повторяющееся во многих странах выпадение кислотных дождей.

По данным департамента окружающей среды Дании, количество выбросов в атмосферу, приводящихся на 1 кВт · ч энергии, выработанной на тепловых электростанциях, работающих на различных видах органического топлива, составляет: диоксид серы – 5 – 8 г, окись азота – 3 – 6 г, углекислый газ – 750 – 1250 г, сажа и пепел – 50 – 70 г.

За прошедшие 25 лет интенсивного развития ветроэнергетики был достигнут огромный прогресс. На рис. 4.9 приведена одна из множества схем использования энергии ветра.

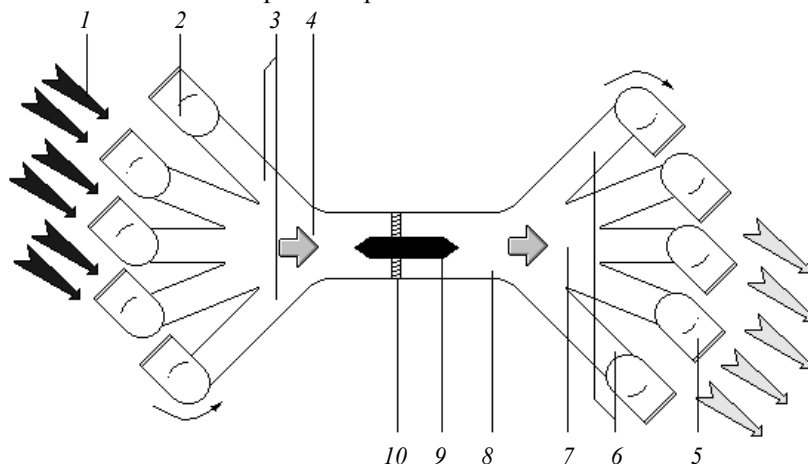


Рис. 4.9. Схема использования ветра: 1 – направление ветра; 2 – воздухозаборное устройство; 3 – входные воздуховоды; 4 – конфузор; 5 – устройство сброса; 6 – отводящие воздуховоды; 7 – диффузор; 8 – рабочий канал; 9 – электрогенератор, 10 – турбина

Первые конструкции ВЭУ, освоенные в серийном производстве в США, Дании, Нидерландах, Германии и других странах имели номинальную мощность от 30 до 100 кВт. Себестоимость вырабатываемой энергии на первом этапе эксплуатации ветровых ферм в штате Калифорния (США) была на уровне 30 центов/кВт · ч. В дальнейшем, при повышении номинальной мощности ВЭУ до 500 – 700 кВт в одном аг-

регае и совершенствовании методов управления и организации эксплуатации ветровых ферм себестоимость вырабатываемой энергии снизилась до 5 центов/кВт · ч, что обеспечивает рентабельность использования ВЭУ по сравнению с электростанциями, работающими на угле. В отдельных районах Дании и штата Калифорния (США) доля энергии, выработанной на ветровых фермах, уже превысила уровень 10% от общего количества вырабатываемой электроэнергии.

Высокие темпы развития ветроэнергетики характерны для Германии 1990-х годов. Особого внимания заслуживает опыт фирмы Enercon, которая освоила гамму ВЭУ мощностью 30, 130, 600, 1500 кВт в одном агрегате, выполненных с трехлопастными стеклопластиковыми ветроколесами, имеющими диаметр от 12 до 66 м. Все агрегаты фирмы имеют безредукторное исполнение, которое стало возможным за счет использования многополюсных тихоходных генераторов кольцевого типа. Отсутствие редуктора позволило снизить уровень шума, упростить обслуживание, повысить надежность.

ВЭУ имеет ветроколесо диаметром 40 м, высоту башни до 65 м, номинальную мощность 600 кВт, которая развивается при скорости ветра 13 м/с. В 1999 г. количество ВЭУ этого типа, находящихся в эксплуатации, превысило 2000 шт.

В настоящее время промышленным производством ВЭУ в мире занимается более 300 фирм. Наиболее развитую промышленность имеют Дания, США, Германия. Серийное производство ВЭУ большой и малой мощности организовано также в Нидерландах, Великобритании, Италии, Испании и в ряде других стран. В производстве ВЭУ, предназначенных для заряда аккумуляторов, лидирует Китай.

Обращает на себя внимание более чем двукратный отрыв Германии от США, которые в последние годы резко сбавили темпы прироста мощностей.

Однако сейчас в США вновь планируется крупномасштабное строительство ветровых электрических станций (ВЭС), в том числе: в штате Техас (500 МВт), в Калифорнии (439 МВт), вблизи границы со штатами Орион и Вашингтон (300 МВт) и в штате Невада (260 МВт). На строительство выделяются средства из фонда развития возобновляемых источников энергии, образованного в 1997 г.

Лидером ветроэнергетики в Германии является в последние годы фирма Enercon, выпустившая в 2000 г. 27,4% всего объема продукции ветроэнергетики страны. В прошлом году Enercon установила 195 ВЭС типа E-66 мощностью 1,5 – 1,8 МВт, 26 ВЭС E-58 мегаваттного класса

и 125 ВЭС Е-40 мощностью 500 – 600 кВт. Кроме того, 192 ВЭС типа Е-40 были проданы в Испанию и Италию.

Средняя мощность ВЭС, выпущенных в Германии в 2000 г., возросла до 1150 кВт. Тенденция роста единичной мощности, по-видимому, сохранится: германская фирма De Wind, подготовив новую конструкцию ВЭС мощностью 2 МВт к производству, уже планирует создание ВЭС мощностью 3 – 5 МВт.

Утвердив план строительства ВЭС суммарной мощностью 400 МВт, Великобритания рассчитывает в 2010 г. ввести в эксплуатацию ВЭС общей мощностью 6000 МВт, доведя вклад возобновляемых источников энергии в энергетику страны до 10%. При этом 40% ВЭС будет установлено в прибрежной зоне, на мелководье.

Дания и Швеция также рассчитывают расширить свой парк ВЭС за счет их сооружения в прибрежной зоне. Нидерландская фирма Enron Wind уже установила в Швеции семь ВЭС мегаваттного класса на мелководье. Та же фирма за полгода после начала строительства ввела в эксплуатацию ветровую ферму в Германии мощностью 31,5 МВт на базе ВЭС Enron (мощностью 1,5 МВт, диаметр ветроколеса 70,5 м, высота мачты 85 м).

Идея замены углеродного топлива источниками возобновляемой энергии становится все более популярной. В Швеции, Швейцарии, Австрии, Норвегии, Канаде вклад возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетику стран уже превысил 25%. В Польше с 1 января 2001 г. энергетическим компаниям предписано обеспечить производство 2,4% энергии за счет ВИЭ, а к 2010 г. указанный норматив будет увеличен до 7,5%.

В 1995 г. была разработана «новая энергетическая политика России», базирующаяся на использовании природного углеродного топлива. Необходимость масштабного развития ВИЭ в этом объемном труде не обсуждается. Вероятная доля ВИЭ в энергетике страны к 2005 – 2010 гг. оценивается в 1%.

Недооценка роли ВИЭ в энергетике будущего приводит к отставанию России в развитии сетевой и автономной ветроэнергетики. Россия, Польша, Украина, Чехия в 2000 г. замыкают список 37 стран, использующих ветровую энергию, имея нулевые показатели ввода новых мощностей ВЭС.

Возможности быстрого развития ветроэнергетики в условиях недостатка бюджетных средств демонстрирует в последние годы Индия. В

1992 г. в Индии работали ВЭС общей мощностью всего 40 МВт, а в 2000 г. страна вышла на пятое место в мире, обогнав Нидерланды, Италию, Великобританию. Это стало возможным благодаря государственному участию в планировании развития ветроэнергетики и создания выгодных условий для вложения средств частных предпринимателей – владельцев новых ВЭС.

В 1992 г. в Индии было создано Министерство нетрадиционных источников энергии (МНИЭ), которое осуществляет планирование развития отрасли, разработку мер экономического стимулирования для привлечения инвестиций и кредитов. Используя бюджетные средства, МНИЭ проводит выбор объектов перспективного строительства, создает демонстрационные проекты, обеспечивает сертификацию оборудования.

При министерстве организован фонд субсидирования и выдачи кредитов для строительства объектов ВИЭ. Решение о выдаче кредита принимается после экспертизы проекта при наличии у предпринимателя 25% средств от стоимости проекта и соглашения о поставке оборудования. Кредит выдается на 6 лет с освобождением от выплаты процентов по кредиту на 1 год.

Для объектов ветроэнергетики введены следующие льготы:

- освобождение от налогов на прибыль первые пять лет после сооружения;
- разрешение на 100%-е списание стоимости ВЭС через один год эксплуатации;
- освобождение от налогов с продажи;
- беспошлинный ввоз частей для производства ВЭС и запчастей к ним;
- гарантированная стоимость продажи энергии, вырабатываемой ВЭС в размере 7 – 8 центов/кВт · ч.

Кроме объектов ветроэнергетики частного сектора, МНИЭ рекомендует создание совместных предприятий в составе частных инвесторов, правительства штата и фонда субсидирования со следующими долями капитала: 51, 25 и 24%. У совместных предприятий появляются следующие преимущества:

- нет затруднений с арендой земли, созданием инфраструктуры, сооружением линии электропередачи;
- нет необходимости разрабатывать детальный проект строительства парка; легче получить кредит на строительство.

В настоящее время 12 индийских компаний заняты сборкой и производством ВЭС. Крупные иностранные компании принимают участие в

работе совместных предприятий по производству оборудования ВЭС. На этих заводах производят ВЭС широко известных фирм: Vestas, Mitsub, Zond, Carter, Enercon – мощностью от 50 до 750 кВт.

По данным МНИЭ, годовое производство энергии на 1 кВт установленной мощности ВЭС на территории Индии составляет 2,0 – 2,5 тыс. кВт · ч. Себестоимость вырабатываемой электроэнергии от ВЭС в ряде штатов снизилась до 5 – 6 центов/кВт · ч. Правительство Индии планирует увеличение доли вырабатываемой энергии от ВЭС в 2010 г. до 5%, а в 2020 г. – до 10%.

Основу мировой ветроэнергетики сейчас составляет ВЭУ, работающие на сети энергосистем. Их доля составляет 99% от суммарной мощности действующего ветроэнергетического парка. Это объясняется тем, что параллельная работа ВЭУ с энергосистемой не требует применения аккумулирующих устройств и резервных источников питания, удорожающих стоимость комплекта оборудования не менее чем в два раза.

Доля ВЭУ, применяемых в качестве автономных источников питания отдельных потребителей или отдаленных поселков, не имеющих централизованного электроснабжения, не превышает 1% от общей мощности выпускаемых ВЭУ. Причина такой ситуации кроется, в основном, в экономических показателях ВЭУ малой мощности. Малым ВЭУ соответствует наибольшая удельная стоимость. ВЭУ с диаметром ветроколеса до 5 м стоят 3 – 5 тыс. долл./кВт, а ВЭУ с диаметром 15 – 30 м – 1 – 1,5 тыс. долл./кВт. Существует и другая причина относительно слабого развития автономной ветроэнергетики. Государственные дотации и налоговые льготы в большинстве стран распространяются только на ВЭУ, подключаемые к сетям энергосистем.

В условиях России в настоящее время автономная ветроэнергетика – это то направление использования энергии ветра, в развитии которого больше всего нуждается страна. В России 70% территории с населением более 10 млн человек не имеют централизованного электроснабжения. Использование новых технологий позволяет за счет работы ВЭУ экономить не менее 50% топлива на дизельных электростанциях. Применение таких технологий могло бы существенно снизить энергетическую напряженность, наблюдаемую в таких районах, как Приморье, Сахалин, Камчатка, Чукотка.

В бывшем Советском Союзе развитию ветроэнергетики уделялось большое внимание. В довоенный период и после него выпуск ветродвигателей для подъема воды и привода сельскохозяйственных машин

производился на десятках заводах страны. В 1931 г. в Крыму была построена и успешно работала первая в мире ветроэлектростанция мощностью 100 кВт. В 1950-х годах для нужд сельского хозяйства были разработаны ветроэлектрические станции мощностью 25 и 400 кВт для работы с дизельным резервом.

Однако, позднее отечественная ветроэнергетика была переориентирована на разработку ВЭУ только малой мощности для нужд водоснабжения отгонных пастбищ, имеющих значительное распространение в Казахстане и Туркмении, с переподчинением головной организации по конструированию ВЭУ – НПО «Ветроэн» – Министерству мелиорации водного хозяйства. В 1970 – 1980 гг. «Ветроэн» разработал и освоил в производстве ВЭУ мощностью 4 и 16 кВт, причем установка АВЭУ-6-4 мощностью 4 кВт в 80-х годах выпускалась в количестве 400 – 500 штук в год.

В соответствии с Комплексной программой освоения нетрадиционных источников энергии на 1991 – 2005 гг. к 2005 г. предусматривалось ввести в действие ВЭУ общей мощностью 300 МВт, в том числе сетевых ВЭУ (180 МВт). В НПО «Ветроэн» в 1989 – 1991 гг. была разработана ВЭУ мощностью 250 кВт. Производство этой ВЭУ было освоено в НПО «Южное» в г. Днепропетровске. Было выпущено более 40 ВЭУ, из которых 6 были введены в эксплуатацию в системе «Воркутаэнерго».

В МКБ «Радуга» в начале 90-х была разработана ветроэлектрическая установка «Радуга-1» мощностью 1 МВт. Производство этого типа ВЭУ было осуществлено на Тушинском машиностроительном заводе. В начале 1995 г. в 30 км от г. Элиста первый образец ВЭУ был смонтирован и подключен в работу на энергосистему Калмыкии.

Позднее было принято решение об изготовлении еще 10 ВЭУ «Радуга-1» и выдан аванс на их производство, однако дальнейшее финансирование производства этих ВЭУ было прекращено. Комплексная программа развития ВИЭ осталась не выполненной.

Из-за недостатка финансирования в период с 1997 по 2000 г. работы в ветроэнергетике выполнялись, в основном, в сфере международного сотрудничества с Данией и США в рамках реализации Постановления Правительства РФ от 28 августа 1997 г. по программе энергообеспечения районов Крайнего Севера и Дальнего Востока. В соответствии с программой российско-американской комиссии по экономическому сотрудничеству, в июле 1997 г. из США в Россию поступили 40 комплексов современных ВЭУ мощностью 10 и 1,5 кВт. Организация распределения поступившей техники по регионам страны производилась Феде-



ральным центром малой и нетрадиционной энергетики (ФЭЦ). Обоснование выбора объектов и проектные предложения выполнялись организацией «Интерсоларцентр» и институтом ВИЭСХ. Строительство указанных ВЭУ, имеющих в своем составе сложное электронное оборудование, тяжелые аккумуляторные батареи и мачты ветроагрегатов высотой 18 и 24 м, в условиях Крайнего Севера проходило с большими трудностями из-за высоких транспортных расходов и недостатка материальных средств у местных администраций. Вследствие этого часть первоначально выбранных объектов отпала, а завезенные ВЭУ были частично перераспределены в другие районы.

Опыт международного сотрудничества показал, что в российских условиях целесообразно ориентироваться, прежде всего, на продукцию отечественных предприятий. Тем более, что в последнее время появились признаки повышения активности разработчиков и производителей ВЭУ.

Перспективы дальнейшего развития российской ветроэнергетики в значительной мере зависят от государственной поддержки в виде утвержденной Программы развития ветроэнергетики, введения системы льгот производителям и потребителям, включая льготные кредиты на приобретение ВЭУ и предоставление участков для ведения строительства.

В ряде стран правительственные организации субсидируют научные разработки и исследования, направленные в первую очередь на использование ВЭУ в региональных энергосистемах высокого напряжения. Уже в течение нескольких лет успешно функционирует ВЭУ мощностью более 200 кВт и созданы установки мощностью до 3 и 4 МВт. Считают, что срок службы таких генераторов превысит 20 лет и вырабатываемая ими электроэнергия будет дешевле, чем на тепловых электростанциях на жидком топливе. В ранних исследованиях считали, что ВЭУ следует устанавливать на возвышенностях, но практика показала, что еще лучшие условия для их работы могут быть на открытых равнинных местах, особенно если рядом установлены сразу несколько ветроустановок. Позднее на основе этой новой концепции выбора места размещения ВЭУ было предложено устанавливать системы из многих установок в море на мелководных участках.

Ветроустановки мощностью от 10 до 100 кВт могут быть очень эффективно использованы для энергоснабжения жилых помещений, ферм, различных организаций. Их использование экономически оправдано там, где дороги другие источники энергии, или если вырабатываемая

ими электроэнергия по крайней мере вдвое дешевле электроэнергии в общественной сети. Наибольший спрос на ветроустановки такой мощности в странах с высоким жизненным уровнем и большими затратами энергии, в которых средняя скорость ветра более 6 м/с и велико сельское население.

Основы энергетики на возобновляемых источниках показывают, что она налагает на производственные процессы совершенно другие ограничения, чем традиционная тепловая и ядерная энергетика. Наиболее наглядно это видно на примере ветроэнергетики. Использование рассеянной и очень непостоянной по своей природе энергии ветра основано на принципиально других подходах, чем использование энергии от стабильных и интенсивных источников, и главное здесь – варьировать потребление энергии в соответствии с ее производством. Для преодоления этого ограничения необходимы эффективные и дешевые способы аккумуляирования энергии.

#### 4.2.5. Минусы ветроэнергетики

Ветер дует почти всегда неравномерно. Значит и генератор будет работать неравномерно, отдавая то большую, то меньшую мощность; ток будет вырабатываться переменной частотой, а то и полностью прекратится и притом, возможно, как раз тогда, когда потребность в нем будет наибольшей. В итоге любой ветроагрегат работает на максимальной мощности лишь малую часть времени, а в остальное время он либо работает на пониженной мощности, либо просто стоит.

Для выравнивания отдачи тока применяют аккумуляторы, но это, как уже отмечалось, и дорого, и малоэффективно.

Интенсивности ветров сильно зависят и от географии. ВЭС выгодно использовать в таких местах, где среднегодовая скорость ветра выше 3,5 – 4 м/с для небольших станций и выше 6 м/с для станций большой мощности. В нашей стране зоны со скоростью ветра 6 м/с расположены, в основном на Крайнем Севере, вдоль берегов Ледовитого океана, где потребности в энергии минимальны (табл. 4.5).

Таблица 4.5

**Возможности использования энергии ветра в СНГ**

Район	Средняя скорость ветра, м/с	Возможные типы ВЭС
Побережье Ледовитого океана,	>6	Крупные ВЭС по 3–4 МВт

отдельные места у берегов Каспийского моря		
Европейская часть СНГ, Западная Сибирь, Казахстан, Дальний Восток, Камчатка	3,5 – 6	ВЭС средней мощности
Юг Средней Азии, Восточная Сибирь	<3,5	Мелкие ВЭС для решения локальных задач

Как следует из приведенной выше таблицы, мощность одной ветроустановки не превышает в исключительных случаях 4 МВт, а в серийных установках – 200 – 250 кВт. Но и при столь малых мощностях ветроагрегаты – довольно громоздкие сооружения. Даже сравнительно небольшой ветроагрегат «Сокол» мощностью 4 кВт состоит из мачты высотой 10 м (с трехэтажный дом) и имеет диаметр трехлопастного ротора 12 м (который принято называть «колесом», хотя это вовсе и не колесо). ВЭС на большие мощности и размеры имеют соответствующие. Так, установка на 100 кВт имеет ротор диаметром 37 м с массой 907 кг, а ротор установки «Гровиан» обладает размахом лопастей 100 м при высоте башни тоже 100 м, т.е. выше 30-этажного дома! И при этом такая башня должна быть достаточно массивной и прочной, чтобы выдержать и массу громадного ротора, и вибрации, возникающие при его работе. Развивает вся эта машина сравнительно небольшую мощность – всего 3 – 4 МВт, а с учетом простоев из-за штилей и работы на пониженной мощности при слабом ветре средняя мощность оказывается и того ниже – порядка 1 МВт (такое соотношение между номинальной и средней мощностями ВЭС подтверждает следующий факт: в Нидерландах на долю ВЭС приходится 0,11 % всех установленных мощностей, но вырабатывают они только 0,02% электроэнергии). Таким образом, для замены только одной АЭС мощностью 4 млн кВт потребовалось бы соорудить около четырех тысяч (!) таких монстров с соответствующим расходом стали и других материалов (табл. 4.6). Если бы мы не захотели связываться с такими уникальными гигантами и решили развивать ветроэнергетику на серийных ветроагрегатах мощностью 4 кВт (средняя мощность 1 кВт), то их бы потребовалось для такой замены около 4 млн штук. При таких масштабах количество, как говорится, переходит в качество, и возникают проблемы совсем иного рода.

Таблица 4.6

**Параметры ВЭС для замены одной АЭС мощностью 4 млн кВт**

Параметры	Номинальная мощность агрегата	
	4 кВт	4 МВт
Средняя мощность агрегата	1 кВт	1МВт
Необходимое количество агрегатов	4 млн	4 тыс.
Высота агрегата	10 м	150 м
Расстояние между агрегатами	30 м	500 м
Площадь занимаемой территории	3600 км <sup>2</sup>	900 км <sup>2</sup>

Казалось бы, раз ветер дует бесплатно, значит и электроэнергия от него должна быть дешевой. Но это далеко не так. Дело в том, что строительство большого числа ветроагрегатов требует значительных капитальных затрат, которые входят составной частью в цену производимой энергии. При сравнении различных источников удобно сопоставлять удельные капиталовложения, т.е. затраты на получение 1 кВт установленной мощности. Для АЭС эти затраты равны примерно 1000 руб./кВт. В то же время наша ветроустановка АВЭ-100/250, способная при скорости ветра 6 м/с развивать мощность 100 кВт, стоит 600 тыс. руб. (в ценах 1989 г.), т.е. для нее капитальные затраты составляют 6000 руб./кВт. А если учесть, что ветер не всегда дует с такой скоростью и что поэтому средняя мощность оказывается в 3 – 4 раза меньше максимальной, то реальные капитальные затраты составят порядка 20 тыс.руб./кВт, что в 20 раз выше, чем для АЭС.

**4.2.6. ВЭС с точки зрения экологии**

Совершенно ясно, что даже к одному работающему ветряку близко подходить нежелательно, и притом с любой стороны, так как при изменениях направления ветра направление оси ротора тоже изменяется. Для размещения же сотен, тысяч, и тем более, миллионов ветряков потребовались бы обширные площади в сотни тысяч гектаров. Дело в том, что ветроагрегаты близко друг к другу ставить нельзя, так как они могут создавать взаимные помехи в работе, «отнимая ветер» один от другого. Минимальное расстояние между ветряками должно быть не менее их утроенной высоты. Вот и считайте сами, какую площадь придется отвести для ВЭС мощностью 4 млн кВт.

При этом необходимо иметь в виду, что уже ничего другого на этой площади делать будет нельзя. Работающие ветродвигатели создают

значительный шум и, что особенно плохо, генерируют неслышимые ухом, но вредно действующие на людей инфразвуковые колебания с частотами ниже 16 Гц. Кроме этого, ветряки распугивают птиц и зверей, нарушая их естественный образ жизни, а при большом их скоплении на одной площадке могут существенно исказить естественное движение воздушных потоков с непредсказуемыми последствиями. Неудивительно, что во многих странах, в том числе в Ирландии, Англии и других, жители неоднократно выражали протесты против размещения ВЭС вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, а в условиях густонаселенной Европы это означает – везде. Поэтому было выдвинуто предложение о размещении систем ветряков в открытом море. Так, в Швеции разработан проект, согласно которому предполагается в Балтийском море недалеко от берега установить 300 ветряков. На их башнях высотой 90 м будут вращаться двухлопастные пропеллеры с размахом лопастей 80 м. Для строительства только первой сотни таких гигантов потребуется более 1 млрд долл., а вся система, на строительство которой уйдет минимум 20 лет, обеспечит производство всего 2% электроэнергии от уровня потребления в Швеции в настоящее время. Но это пока только проект. А тем временем в той же Швеции начато строительство одной ВЭС мощностью 200 кВт на расстоянии 250 м от берега, которая будет передавать энергию на землю по подводному кабелю. Аналогичные проекты были и у нас: предлагали устанавливать ветряки и на акватории Финского залива, и на Арабатской стрелке в Крыму. Помимо сложности и дороговизны подобных проектов, их реализация создала бы серьезные помехи судоходству, рыболовству, а также оказало бы все те же вредные экологические воздействия, о которых говорилось ранее. Поэтому и эти планы вызывают протест. Например, шведские рыбаки потребовали пересмотра проекта строящейся в море ВЭС, так как, по их мнению, подводный кабель, да и сама станция будут плохо влиять на рыб, в частности на угрей, мигрирующих в тех местах вдоль берега.

Из всего сказанного следует один очевидный вывод. Ветрогенераторы могут быть полезными в районах Крайнего Севера, например на льдинах у зимовщиков, или в некоторых других районах, куда затруднена подача энергии в других формах и где потребности в энергии относительно невелики. Но делать на них ставку при развитии большой энергетики совершенно нереально ни сейчас, ни в ближайшем будущем.

### 4.3. Геотермальная энергия

В ядре нашей планеты максимальная температура достигает 4000 °С. Выход тепла через твердые породы суши и океанского дна происходит главным образом за счет теплопроводности (геотермальное тепло) и реже – в виде конвективных потоков расплавленной магмы или горячей воды. Средний поток геотермального тепла через земную поверхность составляет примерно 0,06 Вт/м<sup>2</sup>. Этот непрерывный поток тепла обычно сравнивают с аналогичными величинами, связанными с другими возобновляемыми источниками и в среднем в сумме составляющими 500 Вт/м<sup>2</sup>. Однако имеются районы с повышенными градиентами температуры, где потоки составляют примерно 10 – 20 Вт/м<sup>2</sup>, что позволяет реализовать геотермальные станции (ГеоТЭС) тепловой мощностью 100 МВт/км<sup>2</sup> и продолжительностью срока эксплуатации не менее 20 лет.

Качество геотермальной энергии обычно невысокое, и лучше его использовать непосредственно для отопления зданий и других сооружений или же для предварительного подогрева рабочих тел обычных высокотемпературных установок. Подобные отопительные системы уже эксплуатируются во многих частях света, значительное число проектов находится в стадиях разработки. Если тепло из недр удастся получить при температуре около 150 °С, то имеет смысл говорить о преобразовании его в электроэнергию. Несколько достаточно мощных ГеоТЭС уже запущены в Италии, Новой Зеландии, США.

Наиболее просто использовать тепло пород с помощью тепловых насосов.

Принято выделять три класса геотермальных районов.

*Гипертермальный.* Температурный градиент – более 80°С/км. Эти районы расположены в тектонической зоне, вблизи границ континентальных плит. Почти все из существующих ГеоТЭС размещены именно в таких районах.

*Полутермальный.* Температурный градиент – примерно от 40 до 80°С/км. Подобные районы связаны, главным образом, с аномалиями, лежащими в стороне от границ платформ. Извлечение тепла производится из естественных водоносных пластов или из раздробленных сухих пород.

*Нормальный.* Температурный градиент – менее 40°С/км. Такие районы наиболее распространены, именно здесь тепловые потоки состав-

ляют примерно  $0,06 \text{ Вт/м}^2$ . Маловероятно, чтобы в таких районах даже в будущем стало экономически выгодно извлекать тепло из недр.

В каждом из перечисленных классов, в принципе, можно получить тепло за счет:

- естественной гидротермальной циркуляции, при которой вода проникает в глубоко залегающие породы, где превращается в сухой пар, пароводяную смесь или просто нагревается до достаточно высокой температуры. Соответствующие выходы наблюдаются в природных условиях (гейзеры);

- искусственного перегрева, связанного с охлаждением полурасплавленной магмы, застывшей в виде лавы;

- охлаждения сухих скальных пород, обладающих достаточно низкой теплопроводностью. Создание искусственных разрывов в породах позволяет прокачивать через них воду, отбирая тепло.

На практике ГеоТЭС в гипертермальных районах работают на естественной гидротермальной циркуляции; в полутермальных районах используются как естественная гидротермальная циркуляция, так и искусственный перегрев за счет извлечения тепла из сухих горных пород. Нормальные же районы обладают слишком малыми температурными градиентами, чтобы представлять коммерческий интерес.

#### 4.4. Энергия волн

Огромные количества энергии можно получить от морских волн. Возможность преобразования энергии волн в электроэнергию доказана уже давно. Существует множество технических решений, позволяющих реализовать эту возможность. В последние годы интерес к волновой энергетике резко усилился, в результате чего эксперименты переросли в стадию реализации проектов. Современные разработки таких установок ориентированы на единичные модули умеренной мощности (около 1 МВт) размером порядка 50 м вдоль фронта волны. Подобные устройства могут принести экономическую выгоду в случае замены дизельных генераторов, снабжающих энергией удаленные поселки, особенно на островах.

Развитие волновой энергетике сопряжено со значительными трудностями.

1. Волны нерегулярны по амплитуде, фазе и направлению движения.

2. Всегда есть вероятность возникновения штормов и ураганов, во время которых образуются волны очень большой интенсивности. Во

время штормов конструкции должны выдерживать нагрузки, примерно в 100 раз большие, чем при нормальной работе.

3. Обычно период волн 5 – 10 с (частота порядка 0,1 Гц). Достаточно трудно приспособить это нерегулярное медленное движение к генерированию электроэнергии промышленной частоты, которая в 500 раз выше.

Преимущества волновой энергии состоят в том, что она достаточно сильно сконцентрирована, доступна для преобразования и на любой момент времени может прогнозироваться в зависимости от погодных условий. Создаваясь под действием ветра, волны хорошо сохраняют свой энергетический потенциал, распространяясь на значительные расстояния.

#### 4.5. Энергия приливов

Приливные колебания уровня в огромных океанах планеты вполне предсказуемы. Основные периоды этих колебаний – суточные, продолжительностью около 24 ч, и полусуточные – около 12 ч 25 мин. Разность уровней между последовательными самым высоким и самым низким уровнем воды колеблется в диапазоне 0,5 – 10 м. Первая цифра наиболее характерна, вторая достигается лишь в некоторых местах вблизи континентов. Во время приливов и отливов перемещение водных масс образует приливные течения, скорость которых в прибрежных проливах и между островами достигает примерно 5 м/с.

Высота, ход и периодичность приливов в большинстве прибрежных районов хорошо описаны и проанализированы благодаря потребностям навигации и океанографии. Поведение приливов может быть предсказано достаточно точно, с погрешностью менее 4%. Таким образом, приливная энергия оказывается весьма надежной формой возобновляемой энергии.

При ее преобразовании возникают и определенные неудобства.

1. Несовпадение основных периодов возникновения приливов (12 ч 25 мин и 24 ч 50 мин), связанных с движением Луны, с привычным для человека периодом солнечных суток (24 ч), в связи с чем оптимум приливной генерации находится не в фазе с потребностями в энергии.

2. Изменение высоты прилива и мощности приливного течения с периодом в две недели, что приводит к колебаниям выработки энергии.



3. Необходимость создания потоков воды с большим расходом при сравнительно малом перепаде высот, что заставляет использовать большое число турбин, работающих параллельно.

4. Очень высокие капитальные затраты на сооружение большинства предполагаемых ПЭС.

5. Потенциальные экологические нарушения и изменения режимов морских районов.

Для оптимизации выработки электроэнергии турбины ПЭС должны использоваться в нескольких режимах, выбор которых зависит от необходимой в данный момент мощности, от потребностей и возможностей других производителей электроэнергии. Существует много вариантов режимов, но используются главным образом следующие.

1. Если ПЭС построена для обеспечения местных потребностей в энергии, то необходимы страхующие энергоустановки, подключаемые в период угасания приливов.

2. Если ПЭС включена в крупную энергосеть и является сравнительно небольшим источником в масштабах сети, то заранее определенные вариации приливной энергии могут быть приспособлены к потребностям энергосети.

3. Если требования в приливной энергии не связаны жестко с солнечным периодом, то приливную энергию можно использовать в естественном режиме.

Затраты на вырабатываемую приливными станциями электроэнергию могут быть снижены:

- 1) если станция будет решать несколько комплексных задач;
- 2) если вырабатываемая электроэнергия используется для снижения потребления дорогого дизельного топлива.

При сочетании таких экономических показателей наилучшими оказываются крупномасштабные ПЭС (мощностью порядка 1000 МВт). Но и менее крупные станции, предназначенные для снабжения удаленных районов, также могут оказаться экономически выгодными.

## Глава 5

### **СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

#### **5.1. Снижение выбросов окислов серы на теплостанциях**

##### ***5.1.1. Сера в топливе и удаление серы на нефтеперерабатывающих заводах***

Одним из главных токсичных компонентов, содержащихся в органических топливах и оказывающих существенное влияние на окружающую среду в районе расположения ТЭЦ, является сера. Различные топлива существенно отличаются по содержанию серы. В России вопросы снижения выбросов окислов серы являются весьма актуальными.

Уменьшение выбросов сернистых соединений в атмосферу может идти по трем направлениям:

- очистка нефтяного топлива от серы на нефтеперерабатывающих заводах (см. рис. 5.1 на вклейке);
- переработка топлива на ТЭС до его сжигания с целью получения малосернистого газа;
- очистка дымовых газов от окислов серы.

Сера содержится в нефти в основном в виде сложных полигетероциклических соединений. Эти соединения малоактивны и обладают высокой термостабильностью, в связи с чем их трудно разрушить воздействием кислот или щелочей. Поэтому для выделения серы топливо до сжигания либо подвергается воздействию высоких температур, либо этот процесс сочетается с воздействием химических веществ.

При переработке нефти на нефтеперерабатывающих заводах в легкие фракции переходит небольшое количество серы, а подавляющая часть сернистых соединений (70 – 90%) концентрируется в высококипящих фракциях и остаточных продуктах, входящих в состав мазута.

Удаление серы из нефтяных топлив можно осуществить гидроочисткой. При этом происходит взаимодействие водорода с сероорганиче-

скими соединениями и образуется сероводород  $H_2S$ , который затем улавливается и может использоваться для получения серы и ее соединений. Процесс протекает при температуре 300 – 450°C и давлении до 10 МПа в присутствии катализаторов – окислов молибдена, кобальта и никеля.

Гидроочистка фракций нефти в настоящее время достаточно хорошо разработана и экономически эффективна. Процесс гидроочистки остаточных нефтепродуктов осложнен тем, что присутствующие в них металлоорганические соединения отравляют дорогостоящие катализаторы и уменьшают длительность кампании очистительной аппаратуры в связи с необходимостью частой замены катализатора. К тому же при очистке остаточных продуктов резко возрастает расход водорода. Количество водорода, получаемого как побочный продукт при нефтепереработке, становится недостаточным, и возникает необходимость в сооружении специальных дорогих установок для его генерации. Все это ведет к существенному удорожанию процесса обессеривания.

### *5.1.2. Переработка сернистых топлив перед сжиганием на ТЭС*

#### Удаление серы из твердого топлива

Сера в твердом топливе содержится в трех формах: в виде включений колчедана  $FeS_2$ , серы, входящей в состав молекул органической массы топлива, и сульфатной серы.

В результате простейшего обогащения угля можно удалить только колчеданную серу, используя большую ее плотность по сравнению с остальной массой угля. Отделение колчедана дает ощутимый эффект, если колчеданная сера составляет значительную величину от общей серы и включения колчедана достаточно крупны. Отсепарированный колчедан может быть использован для получения серной кислоты.

Для отделения от угля колчеданной и органической серы может быть применено гидротермическое обессеривание углей, заключающееся в обработке измельченного топлива в автоклавах при давлении 1,75 МПа и температуре около 300°C щелочными растворами, содержащими гидраты окисей натрия и калия. При этом получается уголь с весьма малым содержанием серы, который отделяется от жидкости центрифугированием и затем сушится. Жидкость, содержащая сульфиды натрия и калия, регенерируется в результате обработки углекислотой, а из получающегося при этом сероводорода извлекается элементарная сера.

### Связывание серы в кипящем слое

Топливо может сжигаться в кипящем слое частиц размолотого известняка, в который погружены поверхности нагрева котла для интенсивного охлаждения. Подобный способ сжигания может использоваться для жидкого, твердого и газового топлив, содержащих серу. При температуре около  $900^{\circ}\text{C}$  происходит диссоциация  $\text{CaCO}_3$  на  $\text{CO}_2$  и  $\text{CaO}$ , а в реакцию с серой вступает  $\text{CaO}$ , образуя в конечном итоге  $\text{CaSO}_4$  – сульфат кальция. Очистка топлива от серы при этом может составлять около 90%.

Часть кипящего слоя, поглотившего серу топлива, подается пневмотранспортом на регенерацию. При температуре  $1000 - 1500^{\circ}\text{C}$  под беспровальную решетку подаются продукты сгорания, поддерживающие температуру в слое на уровне  $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ .

Газообразные продукты содержат до 10% сернистого ангидрида, который может быть использован для производства серной кислоты. Регенерированная окись кальция возвращается в топочное устройство котла.

Этот способ имеет существенные недостатки, препятствующие его широкому применению на ТЭС: требуется создание принципиально новых конструкций котлов, организация установок для приготовления фракций известняка, создание установок по регенерации сернистых соединений кальция, улавливание твердых частиц, уносимых из кипящего слоя, пневмотранспорт амбразивных материалов и др.

### Удаление серы из жидкого топлива

Снижение сернистости сжигаемого топлива можно осуществить, подвергая его воздействию высоких температур с использованием окислителей (газификация) или без них (пиролиз).

Процесс газификации осуществляется в условиях высоких температур ( $900 - 1300^{\circ}\text{C}$ ) при ограниченном доступе кислорода. В результате реакции образуется газ, горючими компонентами которого являются метан и его гомологи, окись углерода и водород. Из серы топлива при этом образуется сероводород, который является более активным по сравнению с  $\text{SO}_2$  и должен быть удален перед поступлением горючего газа в топку котла.

При комплексном энерготехнологическом использовании топлива, когда возникает задача получения из топлива химического сырья и чистого энергетического топлива, для термического разложения мазута

можно использовать высокотемпературный пиролиз с последующей газификацией твердого продукта (нефтяного кокса).

Пиролиз мазута происходит при его нагревании до температуры 700 – 1000°C без доступа окислителя. Например, путем непосредственного контакта распыленного мазута с теплоносителем, находящимся либо в неподвижном, либо в движущемся состоянии.

В качестве теплоносителя используются твердые вещества в мелкозернистом и пылевидном состоянии: кварцит, нефтяной кокс, а также водяной пар.

При высокотемпературном пиролизе мазут нагревается при контакте с теплоносителем за 0,02 – 0,40 с до температуры 760 – 920°C. Образующийся горючий газ очищается от сернистых соединений и других нежелательных примесей и используется в качестве чистого энергетического топлива. Жидкие конденсирующиеся смолпродукты разделяются при охлаждении на легкие и тяжелые фракции. Легкие фракции используются в качестве химического сырья, а тяжелые подвергаются повторному пиролизу. Образовавшийся водяной газ после сероочистки используется в качестве чистого энергетического топлива.

Для пиролиза мазута, сырой нефти и тяжелых нефтяных остатков может также использоваться жидкий теплоноситель – расплавы солей, шлака и т.д.

#### Очистка горючих газов от сероводорода

В отличие от продуктов сгорания, где сера содержится в виде окислов  $SO_2$  и  $SO_3$ , при термической переработке топлива сера топлива переходит в газ в основном виде сероводорода. Очистка газа от сероводорода обычно осуществляется абсорбцией. Эффективным абсорбентом является моно- и диэтаноламин.

Абсорбция сероводорода может быть также проведена растворами солей щелочных металлов. Газ промывается раствором в противоточном абсорбере, где происходит реакция поглощения сероводорода. Раствор регенерируется продувкой сжатым воздухом. Подача воздуха приводит к понижению концентрации сероводорода в растворе.

Некоторые преимущества имеет вакуумный вариант процесса. Полнота извлечения составляет около 90%. Имеются другие способы мокрой очистки газов от сероводорода (фенолятный, гликольаминовый, фосфатный и др.).

Несмотря на простоту и эффективность мокрых методов очистки горючего газа от сероводорода, все они связаны с его охлаждением до температуры 30°C, что вызывает дополнительные тепловые потери. Некоторые перспективы имеют сухие методы очистки при высокой температуре газа. Для этого может быть использована, например, железная руда. При контакте с сероводородом гидроокись железа переходит в сульфиды железа. Образующиеся ферросульфиды затем регенерируются в процессе выжига в присутствии водяного пара с образованием элементарной серы.

### *5.1.3. Очистка продуктов сгорания от окислов серы*

Методы очистки дымовых газов могут быть подразделены на сухие и мокрые, а также действующие по схеме с использованием и без использования улавливаемой двуокиси серы. Техничко-экономические расчеты показывают, что с увеличением содержания серы в топливе и соответственно концентрации двуокиси серы в дымовых газах увеличивается целесообразность применения способов с использованием двуокиси серы, и, наоборот, когда в топливе содержится относительно небольшое количество серы, а очистка дымовых газов все же требуется, экономически более оправданной является очистка газов без использования улавливаемой двуокиси серы. Такая закономерность объясняется тем, что с уменьшением содержания серы в топливе количество очищаемых газов остается постоянным, а количество производимой в результате очистки серной кислоты или какого-либо другого реализуемого продукта сокращается. В связи с этим капиталовложения в сероулавливающие установки и эксплуатационные расходы на очистку практически мало изменяются, а суммы, полученные от реализации продукции, уменьшаются.

#### *Сухой известняковый способ очистки дымовых газов от окислов серы*

Сущность этого способа заключается в добавлении к сжигаемому твердому топливу перед его размолотом известняка или доломита в количестве, примерно в 2 раза стехиометрически превышающем содержание серы в исходном топливе. Смесь угольной пыли с молотым известняком подается в горелочные устройства котлоагрегата (см. рис. 5.2 на вклейке). В топке при горении угольной пыли известняк – углекислый кальций – диссоциирует на угольную кислоту и окись кальция, а последняя,

двигаясь вместе с продуктами сгорания по газоходам котлоагрегата, взаимодействует с серным и сернистым ангидридами, образуя в конечном итоге сульфат кальция. Сульфат кальция совместно с золой и непрореагировавшей окисью кальция улавливается в обычных золоуловителях, например электрофильтрах.

Сухой известняковый способ очистки дымовых газов от окислов серы является технологически наиболее простым и требует наименьших капиталовложений.

Отрицательным является образование прочных отложений золы и сульфата кальция на поверхностях нагрева, расположенных в газоходах котлоагрегатов, где температура порядка 700 – 1000°С. Эти отложения препятствуют нормальной работе котлоагрегатов, снижая их паропроизводительность по сравнению с номинальной, и требуют применения эффективных средств поддержания поверхностей нагрева в чистом состоянии. Малая эффективность очистки дымовых газов от окислов серы и значительное ухудшение эксплуатационных показателей работы котлоагрегатов являются причиной отказа от применения этого наиболее простого и дешевого по капитальным затратам способа очистки газов.

#### Применение мокрых способов очистки дымовых газов от окислов серы

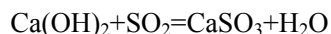
В соответствии с существующим санитарным законодательством эффект работы установок по очистке дымовых газов от вредных примесей следует оценивать по изменению их концентрации в атмосферном воздухе в районе расположения ТЭС на уровне дыхания человека. Такая оценка при наличии в очищаемых газах нескольких вредных примесей однонаправленного действия и охлаждении газов в результате очистки может существенно отличаться от степени очистки газов, определенной как отношение концентрации примесей в газах, поступающих и выходящих из газоочистительной установки. Как показывает расчет, концентрация двуокиси серы в атмосферном воздухе не должна превышать 0,055 мг/м<sup>3</sup>, и степень очистки газов от SO<sub>2</sub> в сероулавливающей установке должна быть не ниже 97%.

Такую высокую степень очистки газов от двуокиси серы практически невозможно достигнуть, применяя существующие способы очистки. В связи с этим на промышленных сероулавливающих установках осуществляется подогрев очищенных мокрым способом газов перед выбросом их в атмосферу. Подогрев очищенных газов в теплообменни-

ке за счет тепла неочищенных газов представляет значительные технические трудности и обычно не применяется.

#### Очистка дымовых газов от окислов серы известью или известняком

Метод основан на нейтрализации сернистой кислоты, получающейся в результате растворения двуокиси серы, содержащейся в дымовых газах, щелочными реагентами: гидратом окиси кальция (известью) или карбонатом кальция (известняком). При этом протекает следующая реакция:



В результате этой реакции получается сульфит кальция, частично окисляющийся в сульфат. В большинстве случаев продукты нейтрализации не используются и направляются в отвал.

Дымовые газы очищаются от золы в золоуловителе, установленном перед дымососом, и затем направляются в скруббер, орошаемый раствором, содержащим мелкоразмолотый известняк и продукты нейтрализации.

Суспензия известняка подготавливается в специальной установке, хотя подмешивание известняка в топливо может проводиться перед его размолотом; в последнем случае возникает опасность образования отложений на поверхностях нагрева.

Очищенные газы освобождаются от брызг раствора в брызгоуловителе. При всех мокрых способах очистки дымовых газов от окислов серы температуры уходящих газов понижаются со 130 – 170 до 30 – 50°C. При столь низкой температуре удаляемых газов резко ухудшается рассеивание остаточных вредностей в атмосфере, так как дымовые газы слабо поднимаются над устьем дымовой трубы.

После брызгоуловителя предусмотрена установка теплообменника для повышения температуры удаляемых в атмосферу газов. Подогрев обычно осуществляется жидким или газовым топливом. Количество затрачиваемой при этом теплоты составляет около 3% теплоты топлива, расходуемого на котел.

В кислый раствор, выходящий из скруббера, добавляется свежая известняковая суспензия для нейтрализации кислоты. После выдержки в специальных емкостях для завершения процесса кристаллизации сульфита кальция жидкость насосом направляется на орошение в скруббер. По мере накопления в орошающей жидкости сульфита и сульфата



кальция часть суспензии выводится из цикла орошения и через сгуститель направляется в шлакоборник и далее на золоотвал.

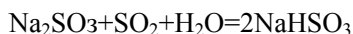
Простота технологической схемы и аппаратуры, дешевизна используемых веществ способствуют достаточно широкому применению этого способа сероочистки.

Наибольшие трудности возникают из-за необходимости остановки сероулавливающей установки для очистки аппаратуры от кристаллических отложений  $\text{CaSO}_3$  и брызгоуловителей – от отложений, содержащихся в каплях взвешенных веществ.

Наиболее вероятной областью использования отходов сероулавливающих установок, работающих по известняковому способу, является их переработка на строительные материалы. При окислительном обжиге отходов совместно с золой возможно получение быстротвердеющих вяжущих строительных материалов с сопротивлением сжатию около  $500 \text{ кг/см}^2$ . Однако обезвоживание и сушка отходов являются дорогостоящими операциями. Сульфит кальция может также использоваться в сульфит-целлюлозном производстве.

#### Сульфитный способ очистки дымовых газов от окислов серы

Данный способ очистки осуществляется при низкой температуре (порядка  $40^\circ\text{C}$ ) по реакции

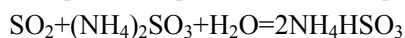


Образующийся раствор сульфит-бисульфит натрия поступает в испаритель-кристаллизатор, где при нагреве его до  $110^\circ\text{C}$  происходит разложение бисульфита на сульфит натрия и двуокись серы. Выпар, состоящий из смеси двуокиси серы с парами воды, для конденсации паров воды охлаждается и подается на компремирование в качестве товарного продукта.

Сульфит натрия, образовавшийся в виде кристаллов, окисляется до сульфата натрия и выводится из системы; другая часть в виде раствора направляется снова в абсорбер. Степень очистки дымовых газов от  $\text{SO}_2$  достигает 90%.

Аммиачно-циклический способ очистки  
дымовых газов от окислов серы

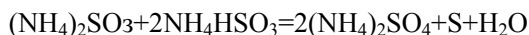
Достаточно близким к сульфитному методу является аммиачно-циклический метод, при котором газ, охлажденный до 30—35°C, подвергается очистке раствором сульфита аммония по реакции



Полученный раствор сульфит-бисульфит аммония подается в регенератор, где подвергается нагреванию до кипения, вследствие чего реакция смещается влево с выделением  $\text{SO}_2$  и сульфита аммония. После охлаждения раствор подается повторно для улавливания  $\text{SO}_2$ .

Часть регенерированного раствора направляется на выпарку под вакуумом. Из раствора выделяется сульфат аммония, образовавшийся при частичном окислении  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ .

Выделение других солей побочных реакций может быть осуществлено в автоклаве. При нагревании подаваемого в автоклав отрегенированного раствора до 140°C происходит разложение сульфит-бисульфит солей с образованием сульфата аммония и серы по реакции



Получаемая элементарная сера является дополнительным товарным продуктом этого метода.

Аммиачно-циклический способ очистки газа позволяет получить сжиженный 100%-й сернистый ангидрид и сульфат аммония – продукты, которые могут найти широкое применение в народном хозяйстве. Количество отходов при этом способе очистки невелико.

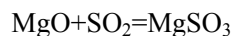
К числу недостатков способа следует отнести необходимость предварительного глубокого охлаждения дымовых газов перед абсорбцией серы. Глубокое охлаждение достигается водой, которая вступает в непосредственный контакт с газами и нагревается при этом до 40 – 50°C. Такая вода не может быть сброшена в водоемы общего пользования, а ее рециркуляция в системе охлаждения требует нейтрализации кислоты известью и охлаждения в градирне. При нейтрализации образуются соли кальция, которые могут кристаллизоваться в системе охлаждения. Очищенные охлажденные газы требуют значительного количества теплоты для их подогрева перед выбросом в атмосферу.

Выбросы воздуха из градирен, охлаждающих жидкость, вытекающую из скрубберов, содержат некоторое количество аммиака, которое может загрязнять атмосферу. Дополнительный расход топлива, связан-

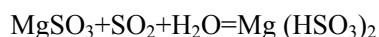
ный с потреблением пара на регенерацию раствора, выпарку и сушку сульфата аммония, расход электроэнергии на установку и топлива на подогрев очищенных газов, составляет около 10% топлива, расходуемого на ТЭС. Аппаратура сероулавливающей установки довольно громоздка и имеет высокую стоимость.

Магнезитовый способ очистки дымовых газов от окислов серы

Связывание двуокиси серы происходит при взаимодействии ее с магнезитом по реакции



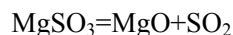
Образовавшийся сульфит магния снова взаимодействует с двуокисью серы и водой, образуя бисульфит магния:



Образовавшийся бисульфит нейтрализуется добавлением магнезита:



Образовавшийся сульфит магния в процессе обжига при температуре 800—900°C подвергается термическому разложению с образованием исходных продуктов по реакции



Окись магния возвращается в процесс, а концентрированный  $\text{SO}_2$  может быть переработан в серную кислоту или элементарную серу.

Газ очищается от окислов серы до концентрации 0,03% в скруббере, а образовавшийся раствор бисульфита магния с концентрацией 50 – 70 г/л поступает в циркуляционный сборник, откуда часть раствора подается в напорный бак и возвращается на орошение скруббера, а другая часть – в нейтрализатор для выделения сульфита магния. Раствор из нейтрализатора выводится в гидроциклоны, затем пульпа направляется на ленточный вакуум-фильтр и в обжиговую печь, где образуются двуокись серы и магнезит, повторно используемый в цикле.

Маточный раствор и промывочная вода после фильтр-пресса поступают в сборник осветленного раствора, куда добавляется магнезит из обжиговой печи. Раствор из сборника подается в напорный бак, где смешивается с кислым раствором из циркуляционного сборника, и направляется на орошение скруббера. Степень очистки газов от  $\text{SO}_2$  составляет 90 – 92%.

Достоинством магнезитового способа является возможность достижения высокой степени очистки газов без предварительного их охлаждения. Обжиг сульфита магния может производиться на химическом предприятии за пределами ТЭС, так как высушенные и обезвоженные кристаллы могут достаточно удобно транспортироваться.

Основным недостатком магнезитового способа является наличие многочисленных операций с твердыми веществами (кристаллами сульфита, окиси магния, золы), что связано с абразивным износом аппаратуры и пылением. Для сушки кристаллов и удаления гидратной влаги требуется значительное количество тепла.

## **5.2. Снижение выбросов окислов азота на теплоэлектростанциях**

### **5.2.1. Образование окислов азота при горении топлива**

Исследование состава атмосферного воздуха в районах расположения крупных ТЭС показывает, что большой удельный вес в общем загрязнении воздуха приходится на долю окислов азота. Вблизи некоторых электростанций наблюдается превышение ПДК окислов азота. При сжигании высокосернистых топлив, даже в тех случаях, когда благодаря применению высоких труб концентрации отдельных вредных газообразных примесей в приземном слое воздуха не превышают норм, тем не менее, с учетом суммации действия  $SO_2$  и  $NO_2$ , нормы иногда превышаются в 1,5 – 2,0 раза. В крупных городах положение усугубляется тем, что выбросы ТЭС суммируются с выбросами окислов азота автомобилей и промышленных предприятий. Все это вынуждает рассматривать задачу снижения выбросов  $NO_x$  как одну из важных проблем.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. В дымовых газах котлоагрегатов окислы азота обычно состоят на 95 – 99% из окиси азота  $NO$  и лишь на 1 – 5% из двуокиси азота  $NO_2$ . Однако при сжигании тяжелого мазута в котле паропроизводительностью 160 т/ч в дымовых газах наблюдалось более высокое содержание двуокиси азота и соотношение  $NO/NO_2$  было близко к 1, что, по-видимому, объясняется повышенными избытками воздуха при горении.

Образование окислов азота в топках котлоагрегатов зависит от конструктивного оформления и расположения горелочных устройств, их

мощности, тепловой нагрузки на ярус горелок, типа топлива, тепловой мощности топки, скорости охлаждения газов и других показателей.

При сжигании мазута и, тем более, при сжигании угля определенную роль играет содержание азота в топливе, а также режим горения, определяемый конструкцией горелки и параметрами топливовоздушной смеси на выходе из горелки.

### **5.2.2. Способы снижения содержания окислов азота в продуктах сгорания**

При разработке технологических способов снижения образования окислов азота в топках котлоагрегатов, учитывая кинетику окисления газообразного азота, необходимо стремиться снизить уровень максимальных температур в топке, уменьшить концентрацию кислорода в зоне реагирования и сократить время пребывания газов в зоне высоких температур. Для реализации перечисленных требований в промышленных условиях можно применять рециркуляцию газов, двухступенчатое сжигание, уменьшение избытка воздуха, рассредоточение зоны горения в объеме топки и повышение скорости охлаждения факела, снижение подогрева воздуха, уменьшение нагрузки котлоагрегата, впрыск воды или пара и т. д. Конкретное воплощение перечисленных способов в значительной степени зависит от конструктивного оформления котельных агрегатов и вида топлива.

Рассмотрим вкратце возможности и особенности применения этих способов на современных парогенераторах тепловых электростанций.

#### **Снижение избытка воздуха**

Снижение избытка воздуха на всех видах топлива приводит к снижению выбросов окислов азота. Предел применимости этого способа заключается в появлении продуктов неполного сгорания (СО), увеличении интенсивности шлакования поверхностей нагрева (при сжигании угля) и высокотемпературной коррозии топочных экранов. При жидком шлакоудалении иногда усложняется проблема эвакуации шлака с пода.

#### **Рециркуляция дымовых газов**

Рециркуляция дымовых газов при сжигании газа и мазута позволяет в 2 – 3 раза уменьшить выбросы  $\text{NO}_x$  без снижения надежности котлоагрегата и при умеренном снижении его экономичности. Рекомендуемая доля рециркулирующих газов  $r=15 - 30\%$ . Газы подаются в горелку

в смеси со всем воздухом или по прямоточному наружному каналу со скоростью, равной или выше скорости воздуха. Ввод рециркулирующих газов через сопла, расположенные ниже горелок, дает незначительный эффект, а газы, подаваемые через под топки, практически не оказывают влияния на выбросы  $\text{NO}_x$ .

При сжигании твердого топлива рециркуляция дымовых газов во вторичный воздух оказывает более слабое влияние на выбросы окислов азота. Несколько больший эффект дает рециркуляция газов в пылестеме, так как при этом, как правило, снижается доля первичного воздуха.

#### Двухступенчатое сжигание

Двухступенчатое сжигание заключается в подаче через работающие горелки только части необходимого для горения воздуха. Остальной воздух подается через специальные сопла или «холостые» горелки, расположенные выше работающих горелок. При сжигании газа такая организация топочного процесса приводит примерно к двукратному снижению выбросов  $\text{NO}_x$ . При сжигании мазута также происходит снижение выбросов  $\text{NO}_x$  на 30 – 40%. Однако в отечественной практике есть пока только опыт применения этого метода на мазутных котлоагрегатах докритического давления. Перед использованием двухступенчатого горения на котлоагрегатах сверхкритического давления (СКД) необходимо оценить влияние этого способа на высокотемпературную коррозию топочных экранов, особенно при сжигании высокосернистых мазутов.

Применительно к твердому топливу двухступенчатое сжигание может быть использовано в первую очередь для малосернистых и малошлакующих углей в топках с твердым шлакоудалением. При сжигании малореакционных углей этот способ может привести к резкому увеличению горючих в уносе.

#### Распределение зоны горения в объеме топки и повышение скорости охлаждения факела

Распределение зоны горения в объеме топки и повышение скорости охлаждения факела заключается в установке большего числа сравнительно мелких горелок вместо меньшего числа крупных горелок, в расположении горелок в несколько ярусов по высоте и в установке двухсветных экранов в топке. Все это дает значительный эффект при сжигании газа и мазута.

### Снижение подогрева воздуха

Данный метод является эффективным средством снижения выбросов  $\text{NO}_x$  при сжигании газа. На мазутных и угольных котлоагрегатах он применим в меньшей степени из-за опасности ухудшения процесса горения топлива.

### Уменьшение нагрузки котлоагрегата

Этот способ заслуживает внимания только в качестве чрезвычайной меры, оправданной в редких случаях, например при особо неблагоприятных метеорологических условиях. При снижении нагрузки на 25% снижение выбросов окислов азота составляет на газе почти 50%, на мазуте и на твердом топливе – 20 – 30%. Указанная цифра для твердого топлива относится только к топкам с высокотемпературной организацией процесса горения при  $T > 1600^\circ\text{C}$ . В топках с твердым шлакоудалением при  $T < 1450^\circ\text{C}$  снижение нагрузки практически не меняет концентрацию  $\text{NO}_x$ .

### Организация факельного процесса горения

Торможением подмешивания вторичного воздуха к аэросмеси путем, например, выбора необходимых скоростей, крутки потоков или созданием экрана из инертной среды между аэросмесью и вторичным воздухом можно добиться эффекта двухступенчатого горения внутри факела, т. е. без возможных отрицательных последствий, связанных с шлакованием топочных экранов и высокотемпературной коррозией.

### Химическое воздействие на факел

Цепной характер окисления азота дает основания искать пути химического воздействия на факел с помощью различного рода присадок, разрывающих звенья цепи образования  $\text{NO}_x$ , или присадок, приводящих к разложению окислов азота в топке котлоагрегата. Исследования в этой области указывают на возможность некоторого снижения выхода  $\text{NO}_x$  путем присадки определенных металлоорганических соединений к жидкому топливу.

### Очистка дымовых газов

Основные трудности очистки газов от окиси азота заключаются в необходимости обработки огромных объемов газов с низкой концентрацией этого химически устойчивого и малорастворимого в воде соединения. Удалению  $\text{NO}_x$  мешает также присутствие в газах реакцион-

носпособных веществ  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ . Предложено несколько методов очистки дымовых газов от  $\text{NO}_x$ .

Метод адсорбции  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$  движущимся слоем твердого поглотителя с последующей его регенерацией при повышенной температуре требует подбора дешевого и эффективного поглотителя, обладающего достаточной механической прочностью.

Метод адсорбции  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$  в скрубберах, орошаемых жидкостью, содержащей сернистоокислые соли, позволяет удалить из дымовых газов лишь 20 – 30%  $\text{NO}_x$ . Еще один метод — окисление окиси азота озоном, получаемым в специальных озонаторных установках, в высшие окислы, которые легко поглощаются водой или щелочными растворами. Присутствие в дымовых газах двуокиси серы значительно усложняет процесс очистки дымовых газов и требует дополнительных расходов озона. Для промышленного внедрения этого метода необходимо решить задачу создания высокопроизводительных и экономичных озонаторов, а также ответить на вопросы, связанные с использованием получаемых слабых кислот. Расчеты показывают, что даже наиболее экономичные из существующих озонаторов при осуществлении этого метода требуют расхода электроэнергии около 10% выработки электростанции.

Ряд методов, позволяющих уменьшить выбросы окиси азота с дымовыми газами, заключается в восстановлении окиси азота до азота и кислорода. Эта реакция протекает и в газоходах котлоагрегата, но, вследствие быстрого охлаждения дымовых газов, скорость ее течения и конечный эффект незначительны.

Для ускорения этой реакции необходима восстановительная среда. Это требует дожигания остатков кислорода дымовых газов, например с помощью метана и контакта обескислороженных газов с катализатором, при температуре около 600°C. Присутствие двуокиси серы в дымовых газах является серьезным препятствием для осуществления этого метода, так как в этих условиях не исключается образование сероводорода, токсичность которого в 60 раз выше, чем у двуокиси серы.

Таким образом, проблема очистки дымовых газов от окислов азота находится в начальной стадии разработки; это частично объясняется отсутствием в большинстве стран требований к суммации вредного действия двуокиси серы и азота при их совместном присутствии в воздухе и, главным образом, значительно меньшими затратами средств на подавление образования  $\text{NO}_x$  в процессе сгорания топлива.



### 5.3. Золоулавливание на тепловых электростанциях

#### 5.3.1. Характеристики летучей золы

Эффективность работы газоочистных устройств в большой степени зависит от физико-химических свойств улавливаемой золы и поступающих в золоуловитель дымовых газов. Основными характеристиками золы являются плотность, дисперсный состав, электрическое сопротивление (для электрофильтров), слипаемость. Плотность частиц летучей золы для большинства топлив лежит в пределах  $1900 - 2500 \text{ кг/м}^3$ , составляя в среднем для углей  $2300 \text{ кг/м}^3$ .

Для выбора и расчета золоуловителя большое значение имеет распределение частиц по размерам – дисперсный состав. О величине частицы судят по размеру наименьшего отверстия сита, через которое частица диаметром  $d$  проходит при просеивании. Просеивая золу уноса через ряд сит с различным размером ячеек, получают кривую остатков на сите.

Наименьший размер отверстий в ситах составляет 44 мкм, поэтому для определения дисперсного состава фракций меньше этого размера, представляющих наибольшие трудности при золоулавливании, используются другие методы воздушной сепарации, жидкостной седиментации и микроскопического анализа.

Дисперсный состав летучей золы связан с дисперсным составом сжигаемой угольной пыли, поступающей после размольного устройства в топку.

Для электрической очистки газов существенное влияние на эффективность работы электрофильтров оказывает величина удельного электрического сопротивления  $\rho$ . По этому признаку золу уноса углей можно разделить на три группы.

Первая группа характеризуется  $\rho < 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Отличаясь высокой электропроводностью, при касании осадительного электрода зола этой группы быстро теряет отрицательный заряд и, получая положительный заряд осадительного электрода, может от него отталкиваться и снова попадать в газовый поток. Такими свойствами обладает зола, имеющая большое количество недогоревшего углерода.

Вторая группа золы имеет электрическое сопротивление в пределах  $10^2 < \rho < 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и наиболее полно улавливается в электрофильтрах.

Третья группа золы характеризуется  $\rho > 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и является электрическим изолятором, уменьшает напряженность поля в электрическом пространстве. При золе с высоким электрическим сопротивлением

может возникнуть явление обратной короны и вторичный унос осевшей золы.

Для инерционных золоуловителей существенное значение имеет свойство слипаемости золы уноса. По слипаемости зола делится на четыре группы: 1) не слипающаяся, 2) слабослипающаяся, 3) среднеслипающаяся и 4) сильнослипающаяся.

Зола с высокой слипаемостью забивает циклоны и мокрые золоуловители и плохо удаляется из бункеров.

Для мокрых золоуловителей большое значение имеет содержание в золе свободной извести СаО. При большом содержании СаО их работа становится невозможной из-за цементации золы.

### 5.3.2. Основы теории золоулавливания

Основным показателем работы золоуловителя является степень улавливания

$$\eta = (G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}})/G_{\text{вх}} = (c_{\text{вх}} - c_{\text{вых}})/c_{\text{вх}},$$

где  $G_{\text{вх}}$  – количество поступающей в золоуловитель в единицу времени золы, кг/с;  $G_{\text{вых}}$  – количество выходящей (не уловленной) из золоуловителя в единицу времени золы, кг/с;  $c_{\text{вх}}$  – концентрация золы в газе на входе в золоуловитель, кг/м<sup>3</sup>;  $c_{\text{вых}}$  – то же на выходе, кг/м<sup>3</sup>.

Для проведения расчетов более удобна другая величина – проскок (унос) золы через золоуловитель  $\varepsilon$ , определяемый из соотношения

$$\varepsilon = G_{\text{вых}}/G_{\text{вх}} = c_{\text{вых}}/c_{\text{вх}}.$$

Между степенью улавливания и проскоком имеет место следующее соотношение:

$$\varepsilon = 1 - \eta.$$

В зависимости от вида топлива и мощности котла улавливание золы промышленных котельных и ТЭС осуществляется следующими типами золоуловителей: механическими (инерционными), мокрыми и электрофильтрами.

### 5.3.3. Инерционные золоуловители

В качестве инерционных (механических) золоуловителей наибольшее применение получили циклоны, в которых осаждение происходит за счет центробежных сил при вращательном движении потока. Посту-

пающий тангенциально через входной патрубок газ движется в канале, образованном наружной и внутренней цилиндрическими поверхностями циклона, где под действием центробежных сил происходит отделение пыли. Затем очищенный газ удаляется через внутренний цилиндр вверх, а осевшая на наружной стенке зола ссыпается под действием силы тяжести вниз в коническую воронку и далее в общий бункер.

В настоящее время циклоны устанавливаются на котлах паропроизводительностью до 500 т/ч. Причем для повышения эффективности применяются батарейные циклоны, составленные из циклонов малого диаметра, обычно около 250 мм. Степень улавливания батарейных циклонов находится на уровне 82 – 90% при гидравлическом сопротивлении 500 – 700 Па.

В качестве элемента батарейных циклонов используется большое количество модификаций: с аксиальным подводом газа и лопаточными завихрителями, с тангенциальным подводом газа, прямоточные и др.

В настоящее время для энергетических установок рекомендуется применение элемента с тангенциальным улиточным типом подвода газа с внутренним диаметром 231 мм.

Противопоказанием для применения батарейных циклонов является сильная слипаемость пыли, приводящая к их замазыванию. Поэтому не рекомендуется их применение для сильнослипающейся пыли 4 группы.

#### **5.3.4. Мокрые золоуловители**

Простейшим типом мокрого золоуловителя является центробежный скруббер. Отличие его работы от сухого инерционного состоит только в том, что при наличии на стенке стекающей пленки воды отсепарированная за счет центробежных сил зола лучше отводится из скруббера в бункер; при этом уменьшается вторичный захват зольных частиц со стенки газовым потоком. Степень улавливания в мокрых золоуловителях  $\eta=0,82 - 0,90\%$ .

Более высокая степень улавливания достигается при применении мокрых скрубберов с устройством для предварительного увлажнения газа (например, с предварительно включенным коагулятором в форме трубы Вентури). В этом случае частички пыли захватываются более крупными каплями воды, в результате чего происходит процесс их коагуляции. Затем эти коагулированные частицы эффективно задерживаются на стенках центробежных скрубберов.

В движущийся поток газов перед трубой Вентури вводится через разбрызгивающий насадок вода. Труба Вентури состоит из конфузора, в котором происходит разгон пылегазового потока до скорости 50 – 70 м/с, горловины, в которой происходит дробление капель при взаимодействии с быстро движущимся потоком, и диффузора, в котором происходят столкновение частиц золы с каплями воды и снижение скорости пылегазового потока. Далее поток тангенциально вводится в скруббер, стенки которого орошаются водой, и коагулированные частицы эффективно удаляются в золовой бункер.

Размер капель оказывается тем меньше, чем больше скорость газа в горловине. Средний диаметр капель  $d_k$  можно определить по приближенному соотношению

$$d_k = 0,005/u_g,$$

где  $u_g$  – скорость воды в горловине трубы Вентури, м/с.

Захват частиц золы каплями может происходить за счет двух механизмов:

- быстро несущиеся со скоростью газов частицы золы попадают в капли, которые еще не успели разогнаться потоком газа. Тогда они попадают в каплю за счет разности скоростей  $u_g - u_k$ , где  $u_k$  — скорость движения капли;

- за счет турбулентных пульсаций частиц золы, которые попадают в практически малопульсирующие капли.

Эффективность мокрых золоуловителей с трубой Вентури зависит от следующих величин: степени турбулентных пульсаций, расхода орошаемой жидкости, скорости газов в горловине трубы Вентури и расстояния между горловиной трубы Вентури и скруббером.

В отечественной практике применение получили два типа мокрых золоуловителей с трубой Вентури: золоуловитель МВ-УО ОРГРЭС и золоуловитель МС-ВТИ. Первый тип золоуловителя выполняется с вертикальным и горизонтальным расположением трубы Вентури круглого сечения, второй – только с горизонтальным расположением трубы прямоугольного сечения.

Не рекомендуется применять мокрые золоуловители для топлив, содержащих в составе золы более 15 – 20% СаО.

### 5.3.5. Электрофильтры

Наиболее перспективным типом золоуловителей для крупных ТЭС являются электрофильтры, которые могут обеспечить высокую степень

очистки газов ( $\eta=0,99 - 0,995\%$ ) при гидравлическом сопротивлении не более 150 Па без снижения температуры и увлажнения дымовых газов.

В электрофильтрах запыленный газ движется в каналах, образованных осадительными электродами, между которыми расположены через определенное расстояние коронирующие электроды. К электродам подводится постоянный ток высокого напряжения (плюс – к осадительным электродам, минус – к коронирующим). При достаточной напряженности электростатического поля происходит ионизация дымовых газов, и частички золы получают заряд, обычно отрицательный. Под действием электростатических сил частички осаждаются на осадительном электроде. Далее с помощью ударного механизма происходит встряхивание электродов, и частички, отделившиеся от них под действием силы тяжести, попадают в бункер.

Запыленные газы после газораспределительной решетки поступают в коридоры, образованные вертикально висящими широкополосными осадительными электродами С-образной формы, к которым подведен выпрямленный ток высокого напряжения. Коронирующие электроды представляют собой профильные ленточные элементы с штампованными иглами, укрепленные в специальной рамке. Для удаления осевшей на электродах золы предусмотрены встряхивающие устройства в виде молотков, ударяющих по наковальням электродов. Осевшая зола попадает в бункера и затем через гидравлические затворы направляется в систему гидрозолоудаления.

По ходу движения газа осадительные и коронирующие электроды объединяются в электрические поля, имеющие самостоятельное питание и систему встряхивания. Это необходимо потому, что условия работы полей разные: в первом по ходу газов поле оседает наибольшее количество золы, в последнем – минимальное.

Важным фактором, определяющим эффективность работы электрофильтра, являются агрегаты электрического питания. Каждый агрегат обслуживает одно поле (или половину поля), состоит из трех узлов: повысительно-выпрямительного блока с высоковольтным распределительным устройством, блока магнитных усилителей и дросселей и пульта управления. Для поддержания напряжения в любой момент работы электрофильтра на грани пробивного, когда обеспечивается наилучшая ионизация газов, применена автоматическая схема регулирования.

Электрофильтры выпускаются следующих типов: ЭГА, ЭГВ, ЭГБ, ЭГФИ, ЭСГ. Освоено промышленное производство электрофильтров с

высотой активной зоны до 12 м, длиной – до 31 м, что соответствует 8 полям. Стало обычным использование в электрофильтрах от 4 до 6 полей. Площадь поперечных сечений для прохода газов на опытной установке с высотой активной зоны 15 м достигает 360 м<sup>2</sup>.

Расчет параметра золоулавливания электрофильтра осуществляется по следующей формуле:

$$P = \nu f.$$

Степень осаждения определяется, таким образом, двумя факторами – скоростью дрейфа частиц золы  $\nu$  и удельной поверхностью осаждения  $f$ . Увеличивая  $f$ , можно получить высокую степень улавливания, однако это связано с большими расходами металла и увеличением габаритов электрофильтров.

Скорость дрейфа  $\nu$  определяется в основном электрическими характеристиками электрофильтра и пылегазового потока. Скорость дрейфа пропорциональна произведению напряженностей полей зарядки и осаждения и диаметру частицы (влияние остальных факторов менее существенно). Основными факторами, определяющими скорость дрейфа, являются электрические свойства пылегазового потока и, в частности, электрическое сопротивление золы. Одним из методов снижения электрического сопротивления золы является изменение температуры газов в электрофильтре (наибольшее электрическое сопротивление имеет зола при температурах около 100 – 200°C, характерных для котлов). Снижение или повышение этой температуры может способствовать существенному улучшению степени улавливания золы.

Для повышения эффективности улавливания золы с высоким удельным электрическим сопротивлением разработан ряд способов. Одним из таких способов является установка электрофильтров до воздухоподогревателей на газах температурой 350 – 400°C. Однако это связано с рядом трудностей: увеличением размеров электрофильтров в связи с повышением объемов газа примерно в 1,5 раза, дополнительными тепловыми потерями с горячей золой, усложнением конструкции элементов электрофильтра при высоких температурах и др.

Значительный эффект может быть достигнут за счет введения в дымовые газы присадок некоторых химических веществ, уменьшающих электрическое сопротивление золы. В качестве таких добавок применяются серный ангидрид SO<sub>3</sub>, аммиак, углекислый натрий Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Этот способ, несмотря на значительное повышение степени улавливания, не получил широкого распространения в связи с эксплуатационными

трудностями и затратами, связанными с необходимостью получения, хранения и подачи химических веществ в газоходы ТЭС.

Одним из эффективных путей повышения степени улавливания золы с неблагоприятными электрофизическими свойствами является использование температурно-влажностного кондиционирования. При добавлении влаги происходит снижение температуры газов, повышается рабочее напряжение на коронирующих электродах благодаря увеличению диэлектрической прочности дымовых газов.

На степень улавливания золы большое влияние оказывает равномерность распределения поля скоростей дымовых газов по сечению электрофильтра. Равномерность потока оценивается с помощью степени заполнения объема электрофильтра, определяемой испытаниями на моделях электрофильтра с примыкающими к нему участками тракта.

Степень заполнения объема электрофильтра зависит от принятой компоновки газового тракта на участке воздухоподогреватель – электрофильтр – дымосос (в случае котлов под наддувом вместо дымососа – начальный участок внешних газоходов).

Обеспечение эффективного газораспределения зависит от правильного выбора числа и расположения регенеративных воздухоподогревателей и дымососов. Желательно, чтобы число РВП, корпусов электрофильтра и дымососов было одинаковым. Необходимо обеспечить достаточные расстояния между РВП, электрофильтром и дымососом, а также целесообразно их размещение в плане по одной оси.

Особое значение имеет рациональное выполнение газораспределительных устройств на входе в электрофильтр.

#### **5.4. Экологически перспективная ТЭС**

Создание экологически перспективных ТЭС (далее ЭПТЭС) – магистральное направление развития мировой и отечественной энергетики – прежде всего, касается электростанций на угле, так как ресурсы этого природного топлива в мире и нашей стране достаточно велики. Уголь и в далёкой перспективе считается стратегическим и наиболее доступным энергетическим топливом. На долю энергетики обычно отводится его низкосортная часть, и это при сжигании в существующих топочных устройствах приводит к повышенным экологическим нагрузкам на окружающую среду.

Реализация наивысших энергоэкологических показателей ТЭС достигается в условиях предельного ресурсосбережения. Концепция эко-

логически перспективной электростанции разработана учеными Института теплофизики СО РАН [40]. Эта концепция базируется на применении технических систем, основанных на принципах безотходности, замкнутости и др. В рамках такого подхода ТЭС на твёрдом топливе может и должна функционировать как межотраслевой энергоагропром-комплекс. Основные положения концепции следующие: работа электростанции на канско-ачинских бурых углях с замкнутыми системами вредных жидких стоков, золошлакоотходов; максимальная утилизация тепловых сбросов; низкие показатели по газовым выбросам и др. В качестве основного котельного оборудования выбрана перспективная конструкция парогенератора Н.В. Голованова с вихревой топкой.

При реализации такой схемы экологически чистой ТЭС ставится задача обеспечить следующие требования по выбросам ( $\text{г/нм}^3$ ): золы не более 0,05; окислов серы не более  $0,2 \div 0,3$ ; окислов азота не более  $0,15 \div 0,20$ ; неочищенные жидкие стоки должны отсутствовать; доля золы для последующего использования не менее 80%.

Технические решения, принятые для этой электростанции, тщательно прорабатывались с использованием компьютерного моделирования. Для количественной оценки токсичных выбросов  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , золы уноса и других характеристик в данном топочном устройстве использовались экспериментальные данные с опытно-промышленных установок и параметры компьютерного расчёта топочного процесса.

Эти проработки показали, что основную роль в образовании  $\text{NO}_x$  играют реакции:

- выхода азота летучих веществ в виде  $\text{HCN}$ , его превращения в  $\text{NO}_3$  и затем в  $\text{NO}$ ;
- диссоциации воздуха, дающие до 50%  $\text{NO}$ , из-за высокотемпературного режима в камере сжигания;
- поглощения  $\text{NO}$  углеродом коксовых частиц.

Значения концентраций укладываются в существующие нормативы ПДК, что свидетельствует об экологической перспективности исследуемой технологии вихревого сжигания пылеугольного топлива

В результате выполненных исследований разработаны технологические схемы экологически перспективных энергоблоков на твердом топливе на принципах малоотходных и ресурсосберегающих технологий с позиций современных достижений в области энергетики. Технико-экономический анализ показывает, что затраты на природоохранные технологии компенсируются такими положительными эффектами: снижением ущерба, причиненного выбросами в окружающую среду;



прогрессивностью технических решений по тепломеханическому оборудованию; прибылью от реализации продуктов утилизации; полезным использованием сбросного тепла.

Развиваемый подход к созданию ЭПТЭС содержит новое сочетание технико-экономических и экологических решений.

1. Котлоагрегат создается максимально теплонпряженным, с минимальной металлоемкостью. При таком требовании топочный процесс должен быть высокофорсированным. Этому условию в большей степени отвечает вихревой способ сжигания твёрдого топлива, благодаря которому в камере горения возникают устойчивые энергонапряжённые циркуляционные зоны, которые играют решающую роль в ускорении газификационных и смесеобразовательных процессов, самых медленных в последовательных стадиях сжигания твёрдого топлива.

2. При нейтрализации окислов азота и серы, содержащихся в дымовых газах, применяется система радиационной обработки их с использованием электронно-лучевых установок конструкции ИЯФ СО РАН, при которой окислы азота и серы переводятся в полезный продукт: или готовое минеральное удобрение (смесь сульфата и нитрата аммония при подаче в реакционный объем аммиака), или важнейшую составляющую при производстве жидких минеральных удобрений (смесь азотной и серной кислот при безаммиачном производстве).

3. Очистка промстоков энергоблока осуществляется за счёт тепла дымовых газов, которые охлаждаются в контактных теплообменниках. Для орошения в теплообменнике используется вода промстоков. Подогретая вода затем поступает в установку термического обессоливания (многоступенчатый испаритель мгновенного вскипания), где под вакуумом испаряется и охлаждается. Образовавшийся при этом пар конденсируется, а конденсат подается в контур питательной воды энергоблока. Продувочная вода (рассол) из последней ступени испарения направляется в установку гранулирования золовых отходов (УГЗО). Таким образом, осуществляется полная нейтрализация промстоков и одновременно решается задача обеспечения подпиточной водой котлов без использования системы химводоочистки.

4. Применяется сухая золоочистка. Основное улавливание мелкодисперсной золы из дымовых газов осуществляется в электрофилтрах. После блока электронно-лучевой обработки доочистка дымовых газов от смеси сульфата и нитрата аммония и незначительного остаточного

количества золы осуществляется в последовательно расположенных электрофилт্রে и рукавных филттрах.

5. Способ поджига пылеугольного факела и поддержания горения на пониженных нагрузках – безмазутный. С этой целью применяются плазменное воспламенение и подсветка пылеугольной аэросмеси с использованием плазмогенераторов конструкции ИТ СО РАН.

6. Утилизация низкопотенциального тепла с температурой выше 25°C осуществляется с помощью теплонасосной техники.

Схема такой электростанции (см. рис. 5.3 на вклейке) соответствует концепции, разработанной учеными Института теплофизики СО РАН [40]. Важным здесь является следующее:

1. При высокотемпературном сжигании сибирских углей в вихревом факеле происходит полное проплавление и усреднение всей массы шлака. Такой шлак может быть непосредственно использован как ценный вяжущий материал в цементном производстве.

Зола уноса из электрофилттров обрабатывается вместе со шлаковыми отходами и требуемыми добавками в мельницах. Получаемые таким образом основные компоненты для изготовления продукции стройиндустрии поступают на склад, откуда разбираются внешними строительными организациями и идут на производство изделий на дорожно-строительных и промкомбинатах при ТЭС.

Зола используется также в схеме радиационно-химического обезвреживания для нейтрализации смеси кислот с целью получения низкосортных вяжущих веществ или наполнителей для бетонов. Часть шлака и золы направляется на нужды сельского хозяйства.

2. Эффективнее всего использование зол сибирских углей в сельском хозяйстве для повышения плодородия почв (их известкование, улучшение агрофизических свойств, внесение комплексов микроэлементов и т.д.), увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и сокращения сроков их созревания, создания искусственных почв и компостов для закрытого грунта. Расчёты показывают, что чистая прибыль от применения золы в сельском хозяйстве в зоне Сибири составляет ~11 долл./га. В схеме работы установки применяется гранулирование золошлаковых смесей (сырцовые гранулы). Для грануляции используются рассолы из аппарата термического обессоливания (АТО), предусматривается их упаривание посредством тепловых насосов.

3. Наличие источника теплых вод обуславливает формирование вокруг ТЭС крупных агрокомплексов: тепличного хозяйства, птицефабрики, рыбного хозяйства и др. Предлагается использование пруда-

охлаждателя ТЭС в качестве рыбозаводного предприятия, что даст существенную прибавку биомассы.

4. Получение обессоленной воды обеспечивается на базе установок мгновенного вскипания. Условно чистые стоки поступают в узел подготовки, где проходят стадии фильтрации, корректировки pH, деаэрации. Подготовленная вода направляется в контур установки. Циркуляционная вода подается в конденсаторы регенеративных ступеней испарителя, нагревается и затем поступает в скруббер. В скруббере путем непосредственного контакта с дымовыми газами циркуляционная вода дополнительно нагревается, а дымовые газы при этом промываются, частично увлажняются, охлаждаются и выбрасываются в атмосферу. Нагретая в скруббере циркуляционная вода поступает в многоступенчатый испаритель мгновенного вскипания разработки Сибирского филиала НПО «Техэнергохимпром», где под вакуумом испаряется и охлаждается. Образовавшийся при этом пар конденсируется на трубках конденсатора и вода дистиллята подается на конденсатоочистку, где дополнительно очищается (при необходимости), а далее подается в контур питательной воды энергоблока. Продувочная вода из последней ступени испарения направляется в УГЗО.

5. Тепловая мощность сбросного низкопотенциального тепла энергоблока мощностью 800 МВт на канско-ачинских углях составляет около 103 МВт. Температура этого сбросного потока тепла в основном невелика – в среднем около 25°C, хотя незначительная часть тепловых потерь имеет относительно высокий потенциал – дымовые газы порядка 5 % и около 5...6 % тепла содержится в стоках, имеющих температуру 30...35°C (продувочной воде (рассоле)) и воде из системы охлаждения конденсаторов АТО. Это тепло можно использовать эффективно для целей теплоснабжения и теплофикации (приточная вентиляция, прямое калориферное отопление, тепловые завесы) с применением ТНУ. Подробный расчетный анализ привёл к технически обоснованной схеме утилизации такого тепла и выбору типов тепловых насосов для этих целей. Имеется положительный экономический эффект по сравнению с получением необходимого тепла из теплофикационных отборов турбоустановки.

Приведенная перспективная технология сочетает в себе решение двух важных народнохозяйственных проблем: создание экологически чистой и максимально экономичной тепловой электростанции как основы развития энергетики и производство минеральных удобрений,

строительных материалов и другой продукции наиболее экономичным и экологически чистым способом. В разработке ЭПТЭС реализуется принцип комплексного использования практически всех отходов, который основан на многоотраслевом экологическом агропромышленном комплексе (ЭАПК). ЭАПК – это серия сопряженных с теплоэлектростанцией дорожно-строительных промышленных комбинатов и агропредприятий, позволяющих эффективно использовать отходы ТЭС, производить не только электроэнергию и тепло, но и сырье для стройиндустрии, металлургии и разнообразную сельхозпродукцию. Рассмотренные технологии лишь в комплексе ЭАПК проявляют все экологические и экономические преимущества.

## Глава 6

### ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### 6.1. Состояние систем теплоснабжения России

В энергетической стратегии России на период до 2000 г., разработанной Минэнерго и одобренной Правительством Российской Федерации, основными приоритетами развития отечественной экономики на среднесрочную перспективу определены [23]:

- энергоэффективность экономики и энергосбережение;
- совершенствование топливно-энергетического баланса страны и структуры ТЭК;
- энергетическая безопасность (устойчивость энергоснабжения, техническая и экологическая безопасность ТЭК, поддержание энергетического потенциала как фактора внешней и внутренней политики).

Таким образом, эффективное развитие отечественной экономики невозможно без укрепления организационно-технической и финансово-экономической базы ТЭК страны и реализации государственной политики энергосбережения.

Следует подчеркнуть, что ТЭК в течение 2000 – 2001 гг. выполнил поставленную Правительством Российской Федерации задачу увеличения производства первичных ТЭР, что позволило стабилизировать состояние и обеспечить прогнозируемый рост отечественной экономики. Вместе с тем в ТЭК страны сохранился целый ряд нерешённых проблем:

- высокая степень износа основных фондов;
- недостаточный уровень капитальных вложений;
- деформированные ценовые соотношения между взаимозаменяемыми энергоресурсами;
- значительные размеры неплатежей со стороны потребителей ТЭР;
- резкое ухудшение состояния сырьевой базы комплекса как в количественном, так и в качественном отношениях;
- незрелая рыночная инфраструктура и отсутствие цивилизованного конкурентного энергетического рынка;

- недостаточная эффективность управления госсобственностью в отраслях ТЭК (при ограниченной роли Минэнерго России);
- высокая зависимость нефтегазового сектора России и, как следствие, доходов государства от состояния и конъюнктуры мирового энергетического рынка;
- перебои с топливо- и теплоснабжением в целом ряде критических регионов России, особенно на Дальнем Востоке (Приморье, Читинская область).

Именно проблема обеспечения надёжного и устойчивого теплоснабжения потребителей и прежде всего населения в осенне-зимний период имеет ярко выраженную социальную направленность и предопределяет рассмотрение при её решении взаимодействия секторов теплоснабжения ТЭК и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Подавляющее большинство крупных источников тепла в России – это ТЭЦ общего пользования, которые входят в состав региональных акционерных обществ энергетики и электрификации (АО-Энерго), а последние, в свою очередь, входят в холдинг РАО «ЕЭС России». Кроме указанных источников тепла в городах работает много промышленных ТЭЦ и котельных, которые входят в состав промышленных предприятий и снабжают тепловой и электрической энергией прежде всего предприятие-собственника ТЭЦ (котельной) и прилегающие к нему жилые районы, где, как правило, проживают работники этих предприятий.

Таблица 6.1

## Структуры покрытия тепловых нагрузок

Источники тепловой энергии	Объемы производства, млн Гкал	% в общем объеме	% по секторам
Всего	2100	100	
1. Централизованные	1430	68	100
В том числе			
- ТЭЦ и ТЭС федерального уровня	710	34	49
- котельные мощностью более 20 Гкал/ч	720	34	51
2. Децентрализованные	600	28	100
В том числе			
- котельные мощностью менее 20 Гкал/ч	260	12	43
- автономные и индивидуальные	340	16	57
3. Прочие (утилизационные установки, электрокотельные, АЭС)	70	3	100

Индивидуальные котельные, встроенные в здания или пристроенные к отапливаемым зданиям, обычно являются собственностью тех, кому принадлежат указанные здания. Кроме таких котельных в последнее время в России появились индивидуальные котельные, которые монтируются на крышах зданий. Структура покрытия тепловых нагрузок приведена в табл. 6.1 и на рис. 6.1.

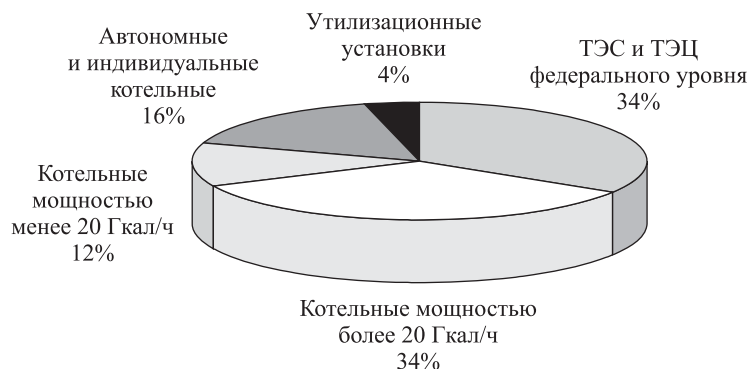


Рис. 6.1. Структура покрытия тепловых нагрузок

Крупные теплофикационные системы на базе ТЭЦ общего пользования построены и функционируют в основном в городах с расчетной тепловой нагрузкой (спросом на тепловую мощность) более 500 Гкал/ч (580 МВт). Их доля в суммарной тепловой мощности всех источников тепла составляет около 70% (см. табл. 6.2).

Таблица 6.2

Доля крупных теплофикационных систем на базе ТЭЦ

Суммарная расчетная тепловая нагрузка, Гкал/ч	Менее 100	100 – 500	500 – 1000	1000 – 3500	Более 3500
Количество городов	2345	528	95	74	36
Доля в суммарной нагрузке	12%	18%	10%	21%	39%

Системы централизованного теплоснабжения обеспечивают тепло-снабжение около 75% всех потребителей тепла в России, включая сельские населенные пункты. При этом около 35% потребности в тепловой энергии обеспечивают теплофикационные системы, то есть системы, в которых источниками тепла служат ТЭЦ различной мощности.

В общей сложности крупными теплофикационными системами вырабатывается около 1,5 млн Гкал в год, из них 47,5% на твёрдом топливе, 40,7% на газе и 11,8% на жидком топливе (рис. 6.2).

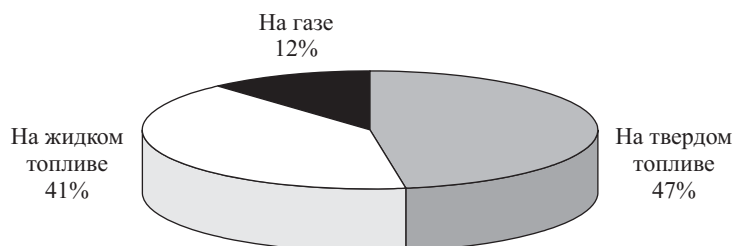


Рис. 6.2. Структура выработки тепловой энергии крупными теплофикационными системами

Около 600 млн Гкал тепла в год производят, по данным Госстроя России [24], 68 тыс. коммунальных котельных. Причём, чем крупнее город (более 100 тыс. чел.), тем, как правило, мощнее и системы централизованного теплоснабжения. В большинстве крупных городов централизованным теплоснабжением обеспечено до 70 – 95% жилого фонда.

Объёмы производства тепловой энергии имеют тенденцию к росту примерно на 2,5 – 3,0% в год.

Накопившиеся за многие годы проблемы в теплоснабжении отрицательно сказываются на нормальном функционировании не только жилищно-коммунального комплекса, но и ТЭК страны. Поэтому их решение и проводимая в настоящее время реформа ЖКХ должны быть организационно и экономически связаны с реструктуризацией РАО «ЕЭС России».

Около 50% объектов и инженерных сетей требуют замены, не менее 15% находятся в аварийном состоянии. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений. Потери в тепловых сооружениях и сетях достигают 30%. Главные резервы экономии ТЭР сосредоточены у потребителя и в инженерных сетях, в том числе 25 – 60% по теплу и 15 – 25% по электрической энергии.

Причин такого состояния теплоснабжения много. Это дефицит финансов, износ оборудования и тепловых сетей, слабое управление и нерешённые вопросы разграничения зон полномочий и ответственности в коммунальной энергетике, отсутствие перспективных схем развития систем теплоснабжения и т.п.



### 6.1.1. Источники тепловой энергии

Комбинированное производство электрической и тепловой энергии на ТЭЦ обеспечивает в настоящее время ежегодную экономию условного топлива в размере не менее 20 млн т. Однако эффективность теплофикации могла быть существенно выше в случае увеличения отпуска теплоэнергии и при сокращении выработки электроэнергии по конденсационному циклу оборудованием ТЭЦ.

Необоснованное удорожание тепла, отпускаемого от ТЭЦ, привело к тому, что в настоящее время сложилась устойчивая тенденция к сооружению промышленными предприятиями собственных котельных и отказа от тепловой энергии ТЭЦ.

За 1990 – 1999 гг. при общем снижении отпуска тепла от ТЭЦ на 252 млн Гкал (34%) отпуск тепла от собственных источников теплоснабжения предприятий (как правило, от котельных) возрос на 52 млн Гкал.

Выработка электроэнергии на ТЭЦ по конденсационному циклу с 1990 г. удерживается на достаточно высоком уровне – 40%. В 1999 г. 59 крупных ТЭЦ увеличили выработку электроэнергии по конденсационному циклу. По итогам 11 месяцев 2000 г. таких ТЭЦ отмечено 46.

Около 3 млн кВт мощности турбин с противодавлением простаивают и переведены в ограничения из-за отсутствия тепловых нагрузок. При вводе оборудования в резерв электростанции несут дополнительные материальные затраты.

Для повышения конкурентоспособности ТЭЦ на рынке тепловой энергии с 1996 г. в отрасли был введен метод разделения затрат топлива, в соответствии с которым эффект от теплофикации относился на оба вида энергии.

Принятые в 1996 г. меры по совершенствованию распределения затрат топлива на ТЭЦ оказались недостаточными вследствие ряда причин (увеличения тарифов на теплоэнергию для предприятий в целях обеспечения льготных тарифов коммунально-бытовым потребителям, значительных потерь энергии в тепловых сетях и т.п.), и ожидаемых результатов достигнуто не было.

Влияние перечисленных причин оказалось сопоставимым с полученным снижением удельных расходов топлива на отпускаемую от ТЭЦ тепловую энергию. В результате продолжилось сокращение потребления тепловой энергии промышленными предприятиями. За 1996 – 1999 гг. отпуск теплоэнергии из производственных отборов турбоагрегатов уменьшился на 28 млн Гкал (14%).

Тепловые электростанции по-прежнему являются основным генерирующим источником в стране, поэтому технический уровень основного оборудования ТЭС (котлы, турбины, паропроводы) будет в значительной степени определять эффективность энергоснабжения потребителей.

Надежное, полнообъемное энергообеспечение потребителей, эффективность энергопроизводства предопределяются состоянием основных производственных фондов.

Учитывая, что основной ввод энергетических мощностей был осуществлен в 1960 – 1970 гг., в последние годы в электроэнергетике России неуклонно обостряется проблема физического и морального старения оборудования электростанций, тепловых и электрических сетей.

Источниками тепловой энергии в муниципальных системах теплоснабжения являются муниципальные и ведомственные котельные. Они производят около 0,6 млрд Гкал/год, что немногим более одной четвертой части тепловой энергии для муниципальных систем [23].

Анализ современного технического состояния этих источников тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения России приводит к излагаемым ниже выводам.

1. Основное оборудование источников, как правило, имеет высокую степень износа. Фактический срок службы значительной части оборудования котельных больше предусмотренного технической документацией. Это оборудование физически и морально устарело и существенно уступает по экономичности современным образцам. Причина такого положения состоит в отсутствии средств у собственника или эксплуатирующей организации для замены оборудования на современное.

2. Значительная доля котельных не оснащена в достаточной степени приборами учёта потребляемых ресурсов, произведенных и отпущенных тепловой энергии и теплоносителей, средствами автоматического управления технологическими процессами и режимом отпуска продукции. Это приводит к невысокой экономичности даже неизношенного оборудования, находящегося в хорошем техническом состоянии. Причина такого положения такая же, как указанная в п.1. К этому следовало бы добавить отсутствие у собственника или у эксплуатирующей организации действенных стимулов к улучшению эффективности оборудования.

3. Установленная суммарная тепловая мощность источников в городах и посёлках городского типа существенно выше присоединённой тепловой нагрузки. Это позволяет по мере возможности удовлетворять потребности населения в тепловой энергии и горячей воде. Однако эти возможности с каждым годом становятся всё меньше.

4. Источники тепловой энергии в системах теплоснабжения могут быть в достаточной степени обеспечены топливом. Нехватка топлива в отдельных системах является следствием причин, лежащих в сфере организации взаимоотношений между участниками процессов теплоснабжения и теплопотребления, а также в сфере управления этими процессами.

5. Сведения, представленные региональными подразделениями Госэнергонадзора, показывают, что источники тепловой энергии, как правило, в достаточной степени укомплектованы специалистами.

6. Вопросы, связанные с техническим состоянием источников, становятся объектом пристального внимания на всех уровнях управления в период подготовки к очередному отопительному сезону. Практически не уделяется внимания их развитию в перспективе ближайших 10 – 20 лет. Это упущение можно было бы исправить разработкой схем развития систем теплоснабжения силами местных специалистов. Однако это мероприятие, проводившееся ещё 15 – 20 лет назад, сейчас не практикуется за отсутствием заказчика и средств.

7. Тепловая нагрузка предприятий АО-Энерго обычно существенно меньше присоединённой нагрузки, а их экономичность, как правило, существенно выше, чем муниципальных и ведомственных котельных. Очевидно, что перевод нагрузки муниципальных и ведомственных котельных на теплоснабжение от предприятий АО-Энерго мог бы способствовать снижению расхода топлива в системе и снижению тарифа на тепловую энергию. К такому же результату привёл бы перевод менее экономичных источников в режим пиковых, а более экономичных источников – в режим базовых. Однако в настоящее время неэкономичные муниципальные и ведомственные котельные, как правило, являются основными источниками в изолированных системах теплоснабжения. Их тепловые сети обычно не связаны с тепловыми сетями предприятий АО-Энерго, что делает невозможной реализацию изложенных выше соображений.

### **6.1.2. Тепловые сети**

Согласно сводным данным по объектам теплоснабжения 89 регионов Российской Федерации, суммарная протяжённость тепловых сетей в двухтрубном исчислении составляет около 183300 км [24]. Средний износ оценивается в 60 – 70%.

Основными показателями энергетической эффективности работы тепловых сетей являются приводимые ниже величины:

1. Удельный расход сетевой воды на единицу присоединенной тепловой нагрузки.
2. Удельный расход электрической энергии на транспорт теплоносителя.
3. Перепад температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах.
4. Потери тепловой энергии на транспорт тепла, в т.ч. через изоляцию и с утечкой сетевой воды.
5. Потери сетевой воды.

Данные показатели должны устанавливаться проектом тепловой сети, заноситься в паспорт тепловой сети и проверяться при проведении энергетического обследования (энергоаудита).

Ниже, в табл. 6.3, приведены результаты расчётов годовых нормативных и сверхнормативных потерь тепловой энергии и топлива при средних температурах теплоносителя-воды в подающем и обратном трубопроводах в течение отопительного периода соответственно 90 и 50°C.

Таблица 6.3

**Годовые потери тепловой энергии и топлива в тепломагистралях**

Наименование потери	Нормативные потери, млн Гкал	Потери топлива, млн т у т (млрд руб.)	Сверхнормативные потери (экспертно), млн т у т / млн Гкал / млрд руб.
Потери тепла с утечками	17	2,5 (1,2)	4,1 / 28 / 2
Потери тепла через изоляцию	200	30 (14)	30 / 200 / 14
Годовые утечки теплоносителя	240 млн м <sup>3</sup>	43,5 (2,4)	34,1

Результаты расчётов расходов электроэнергии, топлива и средств на перекачку теплоносителя на источниках и в тепловых сетях приведены в табл. 6.4.

Тепловые потери в магистральных и распределительных сетях существенно различны. Техническое состояние магистральных сетей, как правило, значительно лучше. Кроме того, суммарная поверхность магистральных сетей, через которую теряется тепловая энергия, значительно меньше поверхности намного более разветвлённых и протяжённых рас-

пределительных сетей. Поэтому на магистральные сети приходится в несколько раз меньшая доля тепловых потерь по сравнению с распределительными.

Таблица 6.4

**Расходы электроэнергии, топлива и средств на перекачку теплоносителя**

Расход эл.энергии на транспорт теплоносителя (источник)	22 млрд кВт · ч	7,5 млн т у т (3,5 млрд руб.)
Расход эл.энергии на транспорт в магистральных и распределительных тепловых сетях	11 млрд кВт · ч	3,5 млн т у т (1,75 млрд руб.)

Средний возраст тепловых сетей по стране год от года повышается в связи с тем, что объём замен обветшалых трубопроводов недостаточен. В связи с этим удельная повреждаемость теплопроводов в настоящее время выросла до 70 зарегистрированных повреждений в год на 100 км тепловых сетей. Повреждения теплопроводов в течение отопительного периода наносят стране огромный ущерб, последствия которого трудно оценить, о чём свидетельствуют известные события в населённых пунктах Приморского края в отопительном сезоне 2000/2001 гг. По экспертной оценке 15% тепловых сетей требуют безотлагательной замены.

Чтобы прервать процесс старения тепловых сетей и оставить их средний возраст на существующем сейчас уровне, надо ежегодно перекалывать около 4% трубопроводов, что составляет около 7300 км сетей в двухтрубном исчислении. Это позволит снизить ежегодные тепловые потери до 15 млн Гкал/год по всей стране, если производить замену трубами в пенополиуретановой изоляции, которые обеспечивают потери на уровне 3% тепловой энергии.

Для приведения системы транспорта теплоносителя в надежное состояние необходимо капитально отремонтировать или построить заново 150 тыс. км теплотрасс в двухтрубном исчислении.

Стоимость строительства и приравненная к ней стоимость капитального ремонта, определенная по укрупненным базовым показателям в ценах 1984 г. и пересчитанная в текущие цены с индексом  $K=30$ , составляет для среднего диаметра 250 мм в двухтрубном исчислении:

- на 1 км тепловых сетей – 176000 руб. в ценах 1984 г. и 5280000 руб. – текущие цены;
- на 150000 км тепловых сетей – 26 млрд руб. в ценах 1984 г. и 792 млрд руб. – текущие цены.

### 6.1.3. Потребители тепловой энергии

Потребление тепловой энергии в жилищно-коммунальном секторе России составляет около половины суммарного теплоснабжения в стране, на что расходуется более 25% топлива, ежегодно используемого в хозяйстве страны.

Конечными потребителями тепловой энергии в муниципальном секторе являются в основном население, проживающее в многоквартирных зданиях, и организации бюджетной сферы. В числе последних – федеральные потребители: войсковые части, учреждения образования, исправительные учреждения, прокуратура и др., а также муниципальные и субфедеральные потребители: школы, больницы, детские сады и т.п.

Ознакомление с функционированием ряда систем теплоснабжения городов России, анализ материалов периодической печати и др. позволяют выявить некоторые общие характеристики технического состояния потребителей тепловой энергии.

Основной проблемой этой составляющей систем теплоснабжения страны являются расточительное использование тепловой энергии в установках отопления и горячего водоснабжения.

В регионах, где не ощущается проблем с обеспечением потребностей населения в тепловой энергии, её потребление, как правило, существенно выше необходимого. Старение зданий муниципального фонда приводит к тому, что многие из них имеют неплотности в кровле и стенах, вызывающие протечки и повышенную инфильтрацию наружного воздуха. Требуется осушения и капитального ремонта подвалы и т.д. Обветшание наружных ограждений часто приводит к ухудшению их теплотехнических характеристик. Всё это вызывает увеличение потребления тепловой энергии для целей отопления. При этом температура воздуха внутри отапливаемых помещений может быть значительно ниже комфортной.

Эксплуатация отопительных систем далеко не всегда производится в соответствии с требованиями нормативов. Вследствие этого отопительные приборы заносятся продуктами коррозии, уменьшается эффективная поверхность нагрева, которая не пропускает тепловую энергию, необходимую для поддержания комфортных условий в отапливаемых помещениях.

Значительные перерасходы тепловой энергии имеются в системах горячего водоснабжения зданий. Часть их связана с утечками горячей воды из неплотной водоразборной арматуры, часть – с расточительным

режимом пользования горячей водой. О величине этих потерь можно судить по тому, что установка счётчиков горячей и холодной воды в квартирах и оплата услуг горячего водоснабжения по показаниям этих приборов приводили к снижению потребления горячей воды на 20 – 30% в странах Балтии и в некоторых городах России. Ещё одна составляющая перерасхода тепловой энергии в системах горячего водоснабжения – это потери через стенки неизолированных стояков и разводящих трубопроводов внутри зданий. Поверхности нагрева полотенцесушителей вполне достаточно для обогрева и поддержания нормального термовлажностного режима в ваннных комнатах. Поверхности трубопроводов ГВС внутри зданий должны быть покрыты слоем тепловой изоляции.

Довольно часто встречаются случаи нарушения гидравлического режима систем теплоснабжения вследствие самовольного изъятия жильцами устройств, ограничивающих расход теплоносителя в тепловых пунктах. Это приводит к резкому увеличению циркуляции теплоносителя в водяных тепловых сетях. Повышенный расход воды на источниках тепловой энергии приводит к нарушению температурного режима системы. Отсутствие специально рассчитанных ограничителей расхода теплоносителя у потребителей делает гидравлический режим системы нерасчётным. При этом через установки потребителей, расположенных близко от источника, циркулируют завышенные расходы теплоносителя с пониженной температурой, а потребители, расположенные в конце сети, получают расходы теплоносителя с пониженной температурой и, как правило, меньше требуемых. В таких условиях работа системы не может быть удовлетворительной, даже если она полностью обеспечена топливом.

В этих условиях первоочередные задачи – это приведение в нормальное состояние зданий муниципального фонда, их отопительных установок и наладка гидравлического режима системы в целом. Без этого никакие мероприятия по повышению экономичности систем теплоснабжения не дадут ожидаемого эффекта.

Другой круг проблем в системах теплоснабжения связан со старением теплообменного и насосного оборудования центральных и индивидуальных тепловых пунктов (ЦТП и ИТП) и высокой повреждаемостью распределительных тепловых сетей, в особенности сетей горячего водоснабжения между ЦТП и присоединёнными к ним зданиями.

В России, по данным Минэнерго, функционирует около 20000 ЦТП. Многие из них сооружены 20 – 30 лет назад. В них используются труб-

чатые теплообменники, выработавшие срок службы, требующие больших площадей и объёмов помещений. Как правило, на этих ЦТП нет приборов учёта тепловой энергии и теплоносителя, отсутствуют средства автоматического управления тепловым и гидравлическим режимами. Вода для систем горячего водоснабжения чаще всего не обрабатывается. Это является причиной интенсивной внутренней коррозии трубопроводов ГВС, загрязнения и разрушения теплообменников ГВС. Плотность трубопроводов ГВС периодически нарушается, они постоянно требуют ремонта и частичной или полной замены. В ряде случаев изношенный подающий трубопровод ГВС выводится из строя. Снабжение потребителей горячей водой осуществляется по циркуляционному трубопроводу. Система ГВС становится тупиковой. К утечкам воды из системы через неплотности добавляются утренние сливы воды, охладившейся за ночь в сетях и в стояках. Всё это приводит к увеличению потерь воды и нагрузки водопроводных и канализационных сетей и т.д. Таким образом, назревает необходимость реконструкции ЦТП.

Один из путей решения этой проблемы – оборудование ИТП в каждом здании, присоединённом к ЦТП, частичный или полный демонтаж оборудования ЦТП, демонтаж изношенных наружных сетей ГВС. При этом в каждом новом ИТП устанавливаются современные компактные пластинчатые теплообменники, малошумные насосы, приборы учёта и регулирования. Такое решение весьма привлекательно, так как позволит резко снизить потери тепловой энергии и теплоносителя в сетях, избежать завышения платы за тепловую энергию и уменьшить потребление тепловой энергии на отопление, но его целесообразность должна быть обоснована технико-экономическими расчётами. Область его применения, по-видимому, – это системы теплоснабжения с крупными ЦТП с разветвлёнными сетями большой протяжённости. Рассмотренное решение весьма актуально для многих систем теплоснабжения, но не реализуется из-за отсутствия средств.

Реконструкция ЦТП с небольшой тепловой нагрузкой и с сетями малой протяжённости, по-видимому, может производиться без изменения структуры. Это потребует меньших удельных капиталовложений, чем в рассмотренном выше случае. Однако до настоящего времени эти актуальные мероприятия проводятся за неимением средств лишь на небольшой доле объектов.

ИТП многих жилых и некоторой части общественных зданий также нуждаются в установке приборов учёта тепловой энергии и теплоносителя, систем регулирования нагрузок отопления и ГВС, а в обществен-



ных зданиях – и вентиляции. В последние 5 – 6 лет в России наблюдается большой интерес к разработке, производству и установке приборов учёта. За этот период внесено в Госреестр свыше 200 наименований средств измерений: теплосчётчиков и счётчиков горячей воды и пара для систем теплоснабжения – и налажен их выпуск. Признано, что приборы отечественного производства более полно учитывают особенности российских систем теплоснабжения, чем зарубежные, и предпочтительнее по этой причине, а также по стоимости.

Оборудование узлов учёта и регулирования на ИТП потребителей бюджетной сферы идёт значительно интенсивней, чем в жилых домах, вследствие поддержки из муниципального бюджета и потому, что эффект от автоматизации отопительных установок в общественных зданиях проявляется значительно сильнее. Однако это мероприятие в жилых зданиях приведёт к существенному снижению затрат на топливо в масштабах города. Поэтому его проведение также имеет большое значение. Целесообразность его не оспаривается, но оно не реализуется в полном объёме из-за отсутствия средств и стимулов.

Представляется, что теплоснабжение такой северной страны, как Россия, должно относиться к числу важнейших приоритетов. Причём основная задача государства – не контроль за теплоснабжением каждого посёлка и района, а создание системы, обеспечивающей координированную работу различных государственных и частных организаций в интересах потребителей. После создания указанной системы за государством должны остаться: разработка стратегических направлений развития отрасли, анализ возможных проблем и поиск возможных путей их решения, государственный надзор.

## **6.2. Повышение энергетической эффективности региона**

Повышение энергетической эффективности региона возможно за счет внедрения энергосберегающих технологий, а также путем реконструкции и технического перевооружения действующих систем теплоснабжения и энергоисточников на основе прогрессивных решений, создания и массового внедрения в промышленность и сельское хозяйство новых технологий с пониженными нормами теплопотребления, развития средств контроля и регулирования потребления тепловой энергии, внедрения новых теплоемких материалов и ограждающих конструкций в зданиях и сооружениях, создания материальных стимулов экономии тепловой энергии и других энергоресурсов.

Анализ работ по техническому оснащению существующих систем централизованного теплоснабжения средствами измерения, контроля, регулирования и автоматики показал, что возможная экономия тепловой энергии может составить 40 – 60%.

**Усредненные показатели энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения при проведении различных технологических мероприятий**

Мероприятие	Эффективность, %
Установка теплосчетчиков	5 – 7
Создание систем контроля и регулирования за температурой наружного воздуха	15 – 20
Совершенствование регулировочной арматуры	3 – 7
Утепление потолков, дверей, окон и др.	5 – 8
Улучшение теплоизоляции трубопроводов	5 – 9
Повышение эффективности сжигания топлива	10 – 15
Итого:	43 – 66

Можно выделить следующие основные направления повышения энергетической эффективности региона.

**1. Газ:**

- перевод мелких и средних мазутных и угольных котельных на газ;
- внедрение конденсационных котлов для отопления малоэтажных зданий (конструкции: с «мокрой» и «сухой» конденсацией, с встроенными и вынесенными теплообменниками, пульсирующего горения с использованием тепловых труб);
- создание газотурбинных установок различной мощности для реконструкции существующих ТЭЦ и котельных;
- освоение парогазовых установок (с высоко- и низконапорными парогенераторами, с котлами-утилизаторами);
- поиск оптимальных областей использования авиационных и судовых ГТУ, двигателей внутреннего сгорания.

**2. Твердое топливо:**

- перевод котлов небольшой и средней мощности на сжигание угля в кипящем слое (котельные, ТЭЦ);
- освоение котлов большой мощности с кольцевыми и вихревыми топками (ТЭЦ) и работающими на водоугольной суспензии;
- разработка небольших транспортабельных котельных повышенной заводской готовности со слоевыми механизированными котлами;
- создание газогенераторных установок различной мощности, модулей с предварительным полукоксованием;

- разработка и внедрение ПГУ с внутрицикловой газификацией топлива.

### **3. Ядерная энергия:**

- поиск конструкций безопасных водо-водяных энергетических реакторов для атомных котельных АТЭЦ;
- изучение перспектив внедрения высокотемпературных реакторов для промышленности, систем дальнего энергоснабжения, АТЭЦ и атомных котельных;
- выбор перспективных реакторов для атомных станций малой мощности с «внутренне присущей» реактору безопасностью;
- создание реакторов повышенной безопасности.

### **4. Нетрадиционные и возобновляемые источники тепловой энергии:**

- создание и внедрение перспективных тепловых насосов различного типа и мощностей;
- совершенствование оборудования для использования геотермальной энергии (подземные циркуляционные системы, бальнеологические установки, системы отопления совместно с котельными и тепловыми насосами);
- поиск оптимальных конструкций и систем использования солнечной энергии (отопление и горячее водоснабжение в комбинации с традиционными системами теплоснабжения, пассивные системы отопления, производство синтез-газа и водорода);
- внедрение систем электротеплоснабжения в избыточных по электроэнергии и экологически тяжелых районах;
- повышение эффективности использования энергии биомассы;
- решение вопросов целесообразности использования вторичных энергоресурсов;
- проведение фундаментальных исследований и технологических проработок по созданию топливных элементов не только для автономных источников, но и для энергетических систем.

При выборе рациональных областей использования перспективного энергосберегающего оборудования в системах тепло- и энергоснабжения следует учитывать, что задача имеет многокритериальный характер и практически не может быть сведена к определению только экономической эффективности. В каждом конкретном случае приходится учитывать:

- существующее состояние источников и систем теплоснабжения не только конкретного населенного пункта, но и региона в целом;

- условия топливоснабжения региона;
- мощностной ряд оборудования энергоисточников и тепловых сетей;
- уровни, структуру, темпы роста и плотность тепловых нагрузок;
- режимы работы основного оборудования по графикам электрических и тепловых нагрузок;
- требования потребителей по надежности тепло- и энергоснабжения;
- экологические особенности местности и напряженность окружающей среды;
- местные условия.

Перечислить все возможные варианты перспективных систем не представляется возможным ввиду бурно развивающегося прогресса и постоянно обновляющихся технологических возможностей, вот лишь малый их перечень:

- традиционные ТЭЦ и котельные;
- парогазовые и газотурбинные ТЭЦ большой мощности;
- теплофикационные системы на базе ядерных источников;
- газотурбинные ТЭЦ небольшой мощности;
- автономные системы местного отопления;
- малые ТЭЦ на базе дизельных агрегатов;
- теплоснабжение на базе тепловых насосов;
- котельные и ТЭЦ при сжигании бытовых и древесных отходов;
- системы электротеплоснабжения.

На современном этапе необходимо руководствоваться основными принципами перспективных систем энергосберегающей политики. Среди таких принципов можно выделить следующее:

- в климатических условиях большинства регионов России система снабжения потребителей теплом должна быть *надежной*;
- вопросы экологии необходимо целенаправленно координировать с помощью *экологических* ограничений и требований;
- необходимо стремиться к *экономичности* вариантов развития с учетом научно-технического прогресса в технологиях сжигания топлива и использования новых малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

В сложившихся в настоящее время для России социально-экономических и экологических условиях следует ориентироваться в первую очередь на надежность теплоснабжения, потом на повышение экономичности и в последующем на приведение систем в надлежащее экологическое состояние.

Учет и внедрение предложенных принципов предлагается вводить с помощью определенных мероприятий.

**Надежность:**

- количественная оценка надежности и степени резервирования схем теплоснабжающих систем;
- резервирование с учетом параметров объектов и требований потребителя;
- кольцевание, блокировка и прогрессивные способы прокладки тепловых сетей;
- ступенчатые схемы регулирования источников, тепловых сетей и потребителей;
- расширение роли малых ТЭЦ;
- повышение надежности теплоснабжения с помощью пиковых и резервных источников и т.п.

**Экономичность:**

- внедрение прогрессивных технологий сжигания топлива (ГТУ и ПГУ ТЭЦ, кипящий слой);
- реконструкция существующих ТЭЦ и котельных, оптимизация параметров;
- унификация проектов, выбор мощности и параметров транспорта сетевой воды;
- газификация угля, использование твердых бытовых отходов и возобновляемых энергоресурсов;
- режимы работы источников;
- расширение роли малых теплоисточников для децентрализованных потребителей и т.п.

**Экологическая совместимость:**

- выбор оборудования и источников тепловой энергии с учетом экологических свойств топлива;
- очистка дымовых газов в котельных и использование природного газа в котельных;
- реконструкция существующих ТЭЦ, выработка электроэнергии на тепловом потреблении;
- вынесение крупных источников энергии (ТЭЦ и котельных) за пределы городской черты;
- новые экологически чистые энергоисточники;
- подготовка топлива и региональных законов по сжиганию угля в котельных и т.п.

При исследовании направлений развития теплового хозяйства региона необходимо рассматривать широкий спектр возможных условий и путей достижения поставленных целей, которые зависят от множества внешних и внутренних факторов: региональных, природных, социальных, экономических, технологических и политических. Выбор стратегии развития региона представляет собой сложную проблему отбора наиболее значимых факторов, изучения особенностей их влияния, поиска вероятных сочетаний этих факторов и учета особенностей для конкретного региона.

Ниже приводятся примеры применения различных энергосберегающих мероприятий и технологий в народном хозяйстве.

### **6.3. Примеры внедрения энергосберегающих технологий**

#### **6.3.1. Энергосберегающие технологии в зданиях и сооружениях**

Особенности климатических условий большинства регионов России – это наличие обязательного отопительного периода.

Для сравнения различных стран и регионов со своими климатическими условиями введен специальный отопительный показатель суровости климата. Его рекомендуют оценивать в градусо-сутках, определяемых как произведение продолжительности отопительного периода на разность расчетной температуры воздуха внутри помещений и средней температуры наружного за время отопительного периода. Например, в Томске градусо-сутки равны 6739 для жилых зданий и общеобразовательных учреждений, 7207 для поликлиник и лечебных учреждений, 7459 для дошкольных учреждений.

На рис. 6.3 видно, как изменяется показатель суровости климата в зависимости от географического положения региона.

Приведем значения показателя суровости для ряда стран, а также и отдельных регионов России [16]:

- Швеция – 4020,
- Германия – 3160,
- США – 2700,
- Россия – 5000,
- Омск – 6500,
- Самара – 5010,
- Верхоянск – 12300,
- Якутск – 10600,
- Екатеринбург – 6000,
- Краснодар – 2500,
- Астрахань – 3400.

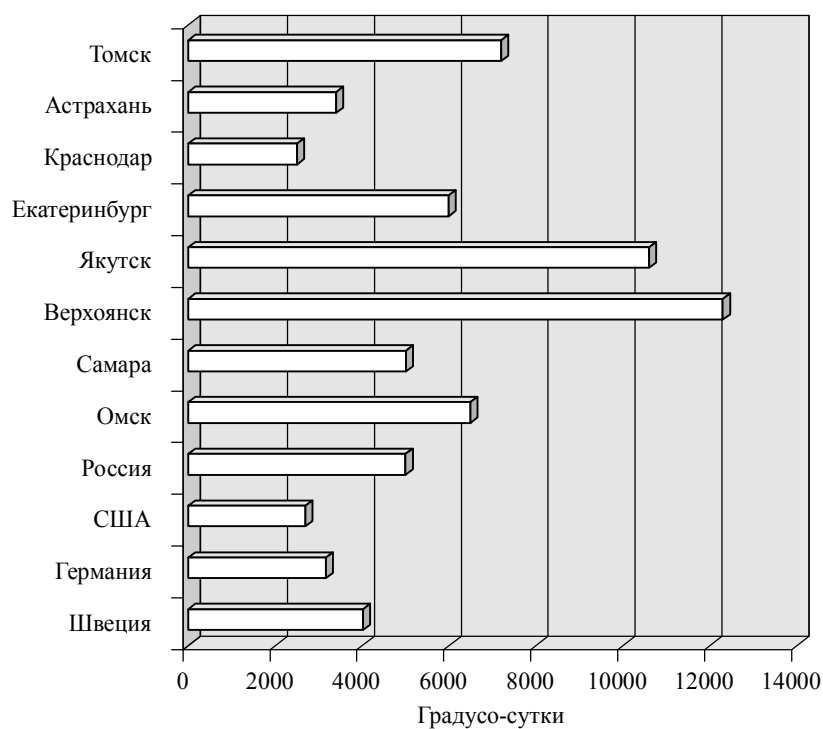


Рис. 6.3. Показатель суровости климата

Очевидно, что для большинства регионов России на отопление требуется по климатическим условиям гораздо больше энергии, чем, например, в США. Соответственно, там где больше отопительные затраты, теплозащита зданий должна быть выше.

Сравним, по данным Госстроя России, фактические удельные показатели расходов тепла на нужды отопления в ряде стран, в  $\text{kBt} \cdot \text{ч}/\text{m}^2 \cdot \text{год}$  [16]:

- Швеция – 140,
- Финляндия – 140,
- Германия – 250,
- Россия (Нечерноземье, дома, построенные в советский период):
  - многоквартирный, кирпичный – 400,
  - многоквартирный, панельный – 600,
  - односемейный – 700.

Диаграмма, приведенная на рис. 6.4, хорошо иллюстрирует отличие показателей расходов тепла России и других стран со сходным климатом.

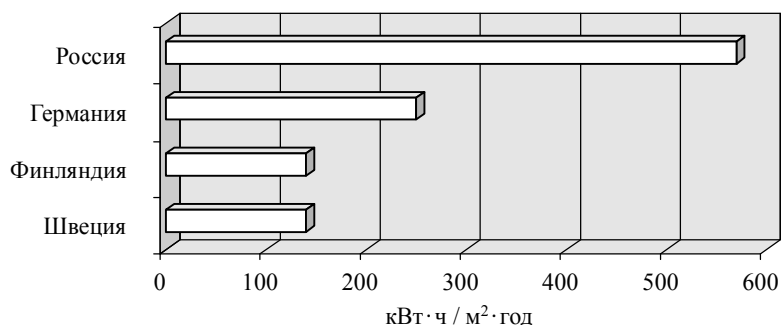


Рис. 6.4. Фактические удельные показатели расходов тепла на нужды отопления

В период бывшего СССР необходимый уровень теплозащиты зданий не был обеспечен. Объяснить это можно тем, что цены на топливо были в 3 раза ниже его себестоимости и страна решала жилищную проблему.

В настоящее время такой подход к теплозащите обходится налогоплательщику непомерными затратами на содержание жилого фонда.

Потери тепла через ограждающие конструкции здания распределяются следующим образом:

- оконные и дверные проемы – до 40 – 50%;
- чердачные и подвальные перекрытия – до 20%;
- наружные стены здания – до 30 – 40%.

Открытые двери подъездов стоят нам 10% дополнительных потерь тепла, что составляет за сезон минимум стоимость одного мотоцикла для каждого среднестатистического дома. Поддержание температуры в таком доме выше норматива всего на 1° увеличивает расход тепла на 4%.

Жилой фонд России составляет в настоящее время не менее 2,6 млрд м<sup>2</sup> общей площади. При существующей организации эксплуатации систем отопления жилых зданий удельное энергопотребление (отопление, горячее водоснабжение и др.) составляет 80 – 100 кг у т/м<sup>2</sup> общей площади в год. Аналогичный показатель в Швеции – менее 30 кг у т/м<sup>2</sup> в год. Следовательно, на теплоснабжение существующего в России жилого фонда требуется в год до 250 млн т у т при общем расходе топлива около 980 млн т у т. Это огромный резерв энергосбережения.



Таким образом, необходима оптимизация проектов современных домов по температурам и по используемым в них системам жизнеобеспечения.

Четко сложившихся рекомендаций, каким должен быть современный энергосберегающий дом с минимальной мощностью отопительной системы, пока нет. Нужны наработки, длительные экспериментальные проверки домов, построенных по разным вариантам, из различных строительных материалов и конструкций.

Однако уже сегодня существуют достаточно удачно реализованные решения.

Из традиционного строительного материала наиболее эффективным считается мелкопористый кирпич с закрытыми порами.

Для ограждающих конструкций предлагается строительный теплоизоляционно-конструкционный бетон и различные тепло- и звукоизоляционные прокладочные и уплотнительные материалы. При этом предлагаются самые различные варианты бетонов по форме выпуска – блоки, панели, и по основе – с различными заполнителями типа керамзита и др. Для малоэтажного строительства выгодно использование ячеистых бетонных блоков. Из прокладочных материалов целесообразно применение огнеупорных волокнистых, предлагаемых в виде лент, матов, рулонов различного формата и размеров. Следует утеплять и теплоизолировать от каркаса дома фундамент, балки и т.п.

Не менее внимательно следует подойти и к выбору окон. В западных странах практически полностью перешли от обычного остекления зданий к стеклопакетам. Например, потребителю, установившему у себя окна со стеклопакетами, предоставлялась скидка в размере 30 % при оплате за отопление. При этом желательно выбирать стеклопакеты с «тепловым зеркалом», то есть с нанесенным на стекла низкоэмиссионным теплоотражающим покрытием.

В паспорте стеклопакета должны указываться значения коэффициента сопротивления теплопередаче ( $\text{м}^2 \cdot \text{С/Вт}$ ). На Западе в настоящее время в большинстве случаев используются стеклопакеты с коэффициентом сопротивления теплопередаче от 1 до  $2 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$ . В нашем случае пока рекомендуются стеклопакеты с коэффициентом сопротивления теплопередаче от 0,65 до  $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ , в зависимости от градусо-суток отопительного периода для конкретной местности [16].

Вызвано это, в частности, тем, что при установке стеклопакетов с коэффициентом более чем 1,0 обычно рекомендуется кондиционирование воздуха в помещении в летний период.

Некоторые другие меры, способствующие уменьшению потерь тепла через окна и витражи, которые можно учесть при новом строительстве:

- уменьшение степени остекления до 15 – 20 %;
- увеличение числа стекол в оконных проемах до трех или четырех; использование штор, подрамных и наружных жалюзи, козырьков и т.д.;
- вентиляция окон и установка различных регулируемых солнцезащитных устройств.

Немалое значение имеет и форма здания. Наименьшие потери тепла в холодный и теплопоступления в теплый периоды года (при прочих условиях) соответствуют зданиям круглым, квадратным в плане, кубической или сферической формы. Такие здания при одной и той же площади имеют меньшую поверхность наружных стен, чем здания прямоугольные и в форме параллелепипеда. Например, прямоугольному в плане зданию, стороны которого относятся друг к другу как 1:16, соответствуют равные по площади квадратные и круглые здания, периметры которых меньше на 53 и 60%. Отсюда большие теплопотери в домах с количеством углов свыше четырех.

При проектировании новых строений необходимо учитывать ориентацию по сторонам света. В теплый период года поступление тепла от солнечной радиации через окна может составлять 30 – 50% от общих теплопоступлений. Это, в свою очередь, вызывает необходимость тратить энергию на кондиционирование воздуха или холодильную установку.

А ведь последнего в большинстве случаев можно избежать за счет рациональной ориентации зданий. Так, при широтном расположении зданий суточное поступление тепла летом наименьшее, зимой – наибольшее. Техничко-экономические расчеты показывают, что в южных районах целесообразно преимущественно широтное, а в районах с продолжительностью отопительного периода 200 дней и более – меридианное и близкое к нему расположение зданий. В этом случае уменьшаются расходы холода в теплый период года и расходы тепла в холодный период.

Большого эффекта можно добиться, если учитывать влияние на здание направления господствующего ветра, а также за счет расположения каждого здания, входящего в комплекс, за счет учета рельефа местности и размещения входов и выходов зданий на заветренной стороне.

Дом надо располагать так, чтобы в него попадало как можно больше солнца, независимо от направления улицы. Помещения, где люди нахо-

дятся продолжительное время, в частности гостиные и детские комнаты, располагают в освещенной солнцем части дома. Северную сторону используют для размещения подсобных помещений: ванных комнат, коридоров, лестничных клеток.

Окна, расположенные высоко, ближе к потолку, обеспечивают освещение большей части комнаты, а низко расположенные окна освещают меньший участок помещения. В ряде западных стран (Германия, Канада) накоплен более чем десятилетний опыт строительства и эксплуатации энергосберегающих домов. Приведем здесь некоторые дополнительные данные, полученные по результатам их эксплуатации [16]. Благодаря просто хорошей теплоизоляции расход энергии на отопление по сравнению с домами, выполненными в соответствии с требованиями последних стандартов, снижается примерно еще на 30%. В этих условиях солнечное излучение становится реальной статьей сокращения отопительных расходов. Поэтому такой дом следует при строительстве ориентировать на юг. Отклонение от строго южной ориентации на 20% на восток или запад уменьшает количество полученного домом тепла примерно на 5%. Если окна расположены не строго вертикально, а наклонно, то при наклоне в 15% количество сэкономленной тепловой энергии снижается примерно на 2%.

Выявлено, что использование простого оконного стекла крайне неэффективно энергетически. Использование оконных конструкций при их тройном остеклении из стекол с теплозащитой сокращает этот удельный показатель расхода топлива сразу втрое. В качестве средств защиты окон от воздействия мороза применяют жалюзи и ставни с теплоизоляцией.

Естественно, в таких домах, сильно насыщенных теплоизоляционными материалами, создаются условия для накопления избытков тепла, что приводит к известному дискомфорту. При нормальном режиме циркуляции замена воздуха в жилых помещениях должна происходить каждые два часа. В зависимости от времени года, погодных условий предусматриваются различные варианты замены воздуха с целью обеспечения при этом минимальных теплопотерь:

- открывать все форточки или окна на 10 мин, такой вариант проветривания называется залповым;
- использование принудительной вентиляции и кондиционеров. Но при этом часть тепла выходящего из помещения воздуха следует использовать через теплообменники с возвратом в помещение в качестве тепла или холода, в зависимости от времени года;

- то же самое, но с использованием различных программирующих и управляющих систем вентиляции и отопления, которые устанавливают тепловой и воздушный режим в помещении в соответствии с требованиями технических норм.

Исследования показали, что в любом доме, тем более энергосберегающем, использование окон для проветривания в отопительный период длительное время приводит к ненужной потере тепла, что делает идею энергосбережения бессмысленной. Любой дом также по своей конструкции должен быть максимально герметичным, чтобы исключить самопроветривание при работающих системах отопления.

В масштабах одного дома, конечно же, не имеет заметного значения, какой материал мы выбираем. Но, учитывая то, что сейчас идет активное строительство, выбор материалов может существенно повлиять на энергетические затраты при их изготовлении в зависимости от спроса.

Долговечность металлических изделий зависит от однородности стали, что в первую очередь определяется способом ее разлива. Так, производство стали, полученной при использовании непрерывной разлива, менее энергоемко, и сама она на 15% долговечнее, чем металл обычной разлива через изложницы. Во всех ответственных узлах целесообразно применение низколегированной стали вместо обычной углеродистой. Вес этих узлов сокращается на 15 – 20%, а срок службы выше не менее чем в 1,5 – 2 раза.

Необходимо предусматривать в проектах применение прогрессивных видов металлопродукции – гнутые профили, фасонные профили высокой точности, прокатно-сварные профили, угловую сталь с переменной толщиной полки и т.д. При их изготовлении энергозатраты снижаются на 20 – 40%, значительно ниже металлоемкость соответствующих изделий и конструкций. Кроме того, удачное применение этих видов металлопродукции повышает визуальные характеристики дома и его интерьеров.

Целесообразно также применение металлокерамики, легких сплавов цветных металлов, пластмасс, а также различных композиционных материалов, например стеклопластиков, в которых синтетические смолы армируются стеклянными волокнами или другими материалами. Применение стеклопластиков вместо металла снижает вес изделий в 2,5 – 3 раза, они обычно дешевле и не уступают по прочности.

В строительном комплексе энергия потребляется при производстве строительных материалов и изделий, их последующей транспортировке, в самом процессе строительства, при эксплуатации объекта в тече-

ние его срока службы и во время возможного сноса. Сопоставление этих видов потребления энергии показывает, что для построенных ранее зданий больше всего энергии тратится при эксплуатации, %:

- эксплуатация зданий – 90;
- производство стройматериалов – 8;
- перевозка и строительство – 2.

Расчетные оценки показывают, что если увеличить затраты энергии на строительство домов в 2 – 2,5 раза целевым назначением на снижение тепловых потерь при эксплуатации домов, последует снижение расхода энергии при эксплуатации зданий на 35 – 40%. То есть должно произойти общее снижение затрат энергии, что несомненно выгодно собственнику. Поэтому на стадии проектирования любого объекта следует проводить энергетический анализ всех этапов создания объекта: производство (выбор) стройматериалов и изделий; строительство; эксплуатация сооружений в российских условиях. Такой подход позволит в конечном итоге определить нормативные требования по теплозащите зданий, исходя из условий нашей реальной действительности, а не из сложившихся подобных показателей в таких странах, как Швеция или Канада.

Мнение многих специалистов сходится еще и в том, что переход к созданию и строительству домов с максимально возможными энергосберегающими характеристиками требует пересмотра не только традиционных конструкций крупнопанельных и кирпичных домов, но и сложившихся архитектурно-строительных систем и решений [16]:

- отказ от типовых проектов и переход на индивидуальное строительство, адресное проектирование объектов, но из унифицированных и сертифицированных изделий и материалов, выпускаемых отечественной и зарубежной стройиндустрией;
- переход на развитие малоэтажного строительства, в том числе и с использованием легкобетонных мелкоштучных блоков, легких металлических и деревянных блочных конструкций.

Однако, учитывая то, что в настоящее время жилье строится на собственные деньги, не каждый согласится с такими предложениями архитекторов, как:

- строительство блокированных домов вместо отдельно стоящих;
- ориентация на высокоплотную застройку – экономия тепла при этом не более 3 – 5%.

С учетом данных, приведенных выше, можно прогнозировать уменьшение энергопотребления в жилищном фонде страны до 40% в результате утепления ограждающих конструкций, модернизации окон-

ных и дверных заполнителей, систем вентиляции, контроля и регулирования подачи тепла, адекватное экономии до 15% от всей вырабатываемой в стране энергии. Здесь нет никакого завышения возможного конечного результата, так как в большинстве регионов России до 75% существующего жилого фонда составляют дома в крупнопанельном исполнении, с наиболее энергетически неэффективными ограждающими конструкциями. Кроме того, большая часть этих домов нуждается в капитальном ремонте.

В западных странах работы по энергосбережению в существующих зданиях начались в 70-х годах, сразу после энергетического кризиса.

В случае утепления минеральной ватой хотя бы только наружных стен дома годовая экономия на 1 м<sup>2</sup> составит:

Показатели	Тип ограждающей конструкции				
	Неизолированные деревянные стены			Стены из легкого бетона толщиной 24 см	
Толщина утеплителя, мм	50	100	200	50	100
Снижение теплопотерь, Гкал	0,11	0,12	0,14	0,039	0,055

В случае утепления чердачного перекрытия дома также минеральной ватой годовая экономия на 1 м<sup>2</sup> чердачного перекрытия составит:

Утеплитель	существующий	0	0	0	0	0	50	50	50	50
	дополнительный	75	100	150	200	300	100	150	200	300
Снижение теплопотерь, Гкал	0,08	0,09	0,095	0,10	0,11	0,015	0,023	0,031	0,039	

В большинстве стран в качестве утеплителя используется минеральная вата. Однако, так как из жилых помещений наблюдается постоянная циркуляция водяных паров, с этой стороны сразу после перекрытия следует установить защитный слой. Этот слой представляет собой обычную пленку или алюминиевую фольгу. Чердачное пространство должно хорошо вентилироваться. Протекание крыши недопустимо.

При изоляции стен следует отдавать предпочтение установке слоя утеплителя снаружи. Преимущества при этом следующие:

- вся поверхность наружных стен может быть утеплена;
- работы проводятся без отселения жильцов;
- жилая площадь не уменьшается.

Наружная изоляция меняет облик дома, поэтому необходимы дополнительные затраты на обеспечение внешнего вида дома, а также на защиту изоляции от внешних атмосферных воздействий. И все же практика показала, что наружное утепление дома целесообразнее. Внутри помещений следует проводить только специальные работы. Скажем, теплоизоляцию участков стен за отопительными радиаторами, установку алюминиевой фольги или ликвидацию щелей, всякого рода неуплотненных пространств между различными элементами строительных конструкций (окна, двери и т.п.) с использованием наполнителей, замазки, уплотняющей ленты и т.п.

В Европе, например, строительные и энергетические фирмы внимательно следят за развитием разработок энергосберегающих дверей для общественных зданий и многоквартирных домов. Применение вращающихся дверей, шлюзование, использование механических, гидравлических, электрических приводов дверей, датчиков различных типов, определяющих необходимое положение дверей, – это все обязательный атрибут общественных зданий, больших жилых домов, исключающий дополнительную потерю тепловой энергии.

В нашей стране подобные виды работ по комплексной реконструкции зданий с повышением теплозащиты выполняются с использованием зарубежного опыта. Но для жилых домов такие работы пока проводятся редко. Однако следует отметить, что появился уже ряд специализированных фирм, которые обладают собственными технологиями и конструктивными решениями:

- система вентилируемого фасада применяется, когда слой утеплителя толщиной 150 – 200 мм располагается снаружи и укрывается от атмосферных воздействий стеновым ограждением. Кроме того, между ними обеспечивается непрерывная вентиляция наружного воздуха;

- стеновые ограждения изготавливаются из стальных оцинкованных профилей повышенной жесткости методом холодной прокатки на специальных мобильных агрегатах – прокатных станах;

- используются плитные утеплители из базальтового или стеклянного волокна;

- остекление осуществляется с помощью стеклопакетов. При этом площадь остекления сокращается максимум до 20 – 25% с использованием существующего стекла и др.

По мнению специалистов, каркасно-панельные здания старой постройки с навесными панелями и ленточным остеклением необходимо обязательно реконструировать с целью снижения теплопотерь. При

этом появляются богатые возможности кардинального изменения дизайн-решения фасадов, что будет способствовать изменению существующей архитектуры улиц наших городов.

На рынке предлагается много различного оборудования – котлы, генераторы, нагреватели, теплоаккумуляторы, кондиционеры и т.д., поэтому для реализации многих из мероприятий по энергосбережению требуются специальные знания и навыки.

Чтобы избежать досадных ошибок и финансовых потерь, следует придерживаться следующей схемы реализации энергосберегающих мероприятий:

- энергетическое обследование (энергоаудит);
- проектная проработка предложений;
- приобретение сертифицированного оборудования и материалов;
- последующая установка.

Еще ответственной должна быть проработка таких проектов, как установка дома, бани или переход на автономную систему теплоснабжения и т.д. В этом случае проект обязателен. Целесообразно его предварительное согласование с инспектирующими органами: пожарным надзором, санитарной инспекцией и др.

Мероприятия по энергосбережению, если они неправильно выполнены, могут привести к негативным последствиям в вашем доме или квартире. Вот некоторые примеры из зарубежного опыта [16].

При установке дополнительной тепловой изоляции может быть блокирована инфильтрация свежего воздуха в дом, что приводит к повышению влажности. При определенных условиях появляется возможность возникновения аллергических заболеваний для жильцов, грибковых образований для деревянных конструкций.

Другой пример – повышенная опасность обмерзания и разрыва труб в подвальном помещении после тщательной изоляции пола на первом этаже. Поэтому работы надо выполнять комплексно, с обязательной изоляцией расположенных в подвале трубопроводов холодной воды и т.п. Это даст возможность исключить случаи аварийных ситуаций.

Согласно Федеральному закону «Об энергосбережении», предусматривается обязательность учета физическими лицами полученных энергетических ресурсов. Пока это выполнено частично, но объем работ в данном направлении постоянно нарастает.

Трудно ожидать активной энергосберегающей мотивации у населения, если не будет контроля за расходом энергоносителей с помощью индивидуальных приборов учета энергии. Начинать работы по повы-



шению энергоэффективности здания необходимо с налаживания учета энергетических ресурсов.

#### Счетчики холодной воды

Учитывают минимальный поток от 30 л/ч с точностью  $\pm 2\%$ . Устанавливаются в горизонтальном и вертикальном положении. Применяются обычно одноструйные приборы диаметром от 15 мм и номинальным потоком 1,5 м<sup>3</sup>/ч (для квартиры или небольшого дома). Приборы могут быть механическими, с различными датчиками для дистанционного учета. Счетчики с выходным сигналом предлагаются по цене в 1,5 – 2,0 раза выше.

#### Счетчики горячей воды

У этих приборов те же характеристики, что и у счетчиков холодной воды, но они приспособлены к работе в высокотемпературном потоке, обычно у них несколько меньшая точность измерений, и они могут служить также датчиками к теплосчетчикам. Наибольшее распространение получили тахометрические (скоростные) счетчики, и в первую очередь крыльчатого типа.

#### Теплосчетчики

Это прибор или комплект приборов (средство измерения массы и других параметров теплоносителя). Зачастую теплосчетчики обладают способностью реализовать функции управления, тогда они носят название теплоэнергоконтроллеров. Регуляторы потребления тепла позволяют установить и автоматически поддерживать постоянную температуру помещений, в том числе и пониженную температуру при длительном отсутствии пользователя. Диапазон регулировки – от +6 до +26°C. Это довольно дорогие устройства.

#### Счетчики бытового газа

Бытовые сильфонные газомеры с объемом цикла от 1,2 дм<sup>3</sup> до 6,0 м<sup>3</sup> в час, работающие с минимальной погрешностью 1,5% практически при любых эксплуатационных температурах от – 25 до +50°C с низким уровнем шума.

В соответствии с правилами учета газа вновь проектируемые жилые дома и административные здания, в которых предусмотрено использование газа на другие, кроме бытового пищевого приготовления, цели (горячее водоснабжение, местное отопление и др.), переходят на отпуск газа

с использованием приборов его учета. То есть, если газ используется только для бытового пищевого приготовления, установка счетчиков не обязательна.

Тем не менее, кроме электросчетчиков в наших домах должны устанавливаться счетчики воды, газа и теплосчетчики. В этом случае у населения появляется прямая заинтересованность в энергосбережении.

Самая крупная составляющая семейного бюджета идет на оплату энергоносителей. Затраты на отопление зданий определяются потерями теплоты через наружные ограждающие конструкции зданий за счет теплопередачи и потерями теплоты на нагрев воздуха, инфильтрирующегося через неплотности ограждений. Поэтому самое важное направление энергосбережения здесь – это снижение потерь тепла домом, квартирой.

Для уменьшения потерь теплоты в квартире нужно прежде всего подготовить к зиме окна. Перед зимним утеплением оконных рам следует тщательно промыть стекла. Заклеивать рамы бумагой рекомендуется только со стороны комнаты, желательно в безветренную погоду. Если щели в рамах большие, их можно заткнуть ватой или узкими полосками поролона, затем заклеить с помощью крахмального клеястера.

Следует обратить внимание на плотность прилегания стекол к рамам. При необходимости следует обновить шпаклевку. Для этого можно использовать акриловые и другие водостойкие герметики, но не заполнять щель герметиком полностью, так как на воздухе в течение нескольких часов герметик увеличивается в объеме примерно вдвое.

Целесообразно остекление балконов и лоджий, что позволяет снизить теплопотери в квартире на 10 – 13%. Необходимо устранить и неплотности дверного проема. Двойные входные двери также помогут сберечь тепло в квартире. Только за счет вышеперечисленных работ и наличия учета тепла в квартире оплату за отопление можно снизить на 5 – 7%. Если у вас угловая квартира на первом этаже в панельном доме, то желательно провести утепление стен и пола в квартире. Для этого можно использовать различные пластиковые панели. Пластиковые панели имеют воздушные полости, что делает их малотеплопроводимыми. Еще один вариант утепления стен – нанесение на них экологически чистого материала на основе целлюлозы, например авикона. Одного килограмма материала достаточно на 3 м<sup>2</sup> площади, его можно наносить на кирпичную кладку. Технология нанесения посильна каждому – сухой авикон разводят водой, оставляют на 30 мин, а после наносят на стену пластмассовым шпателем.

Утепление пола экономически оправдано чаще всего для первого этажа дома. Сейчас рынок насыщен разнообразными утеплителями пола, от паркета до ковровых покрытий, которые следует выбирать, исходя из своих финансовых возможностей.

Утепление с наружной стороны можно выполнить с меньшими затратами, например с использованием штатных утеплителей – стекловаты, минваты и др. Слой изоляции при укладке не должен сжиматься. Так, теплоизоляция толщиной в 100 мм, сжатая до 50 мм, изолирует почти так же, как и изоляционный слой толщиной в 50 мм. Обращаться с этими утеплителями надо осторожно, например при хранении вне помещений накрывать теплоизоляцию для предохранения от намокания от возможного дождя. Утеплительные плиты режутся ножом или ножницами. Куски плит отрезаются на 5 – 10 мм шире, чем габариты установочного места, которое будет заполняться.

Применяются новые теплозащитные материалы:

- тепловое зеркало (низкоэмиссионная теплоотражающая пленка или покрытие);
- теплоотражающие панели (теплоотражатели, устанавливаемые за радиаторами отопления).

Теплоотражающая пленка наносится на стекла окон, а термоотражатели, например из алюминизированной фольги, монтируются за радиатором на липкую ленту. Наилучший эффект достигается тогда, когда расстояние между радиатором и стеной составляет 20 – 50 мм. Установка низкоэмиссионной теплоотражающей пленки на окна снижает потери тепла на 35 – 45%, срок окупаемости – 2,5 – 3,5 года; а установка теплоотражающих панелей снижает потери тепла через стену за радиатором на 20 – 25%, срок окупаемости – полгода.

Целесообразно закрывать на ночь окна шторами, гардинами или жалюзи. Нельзя допускать, чтобы окна (форточки) на протяжении длительного времени находились в открытом состоянии. Целесообразно применение простейших регулирующих устройств на входе в вентиляционные каналы.

Необходимо помнить о приемах более эффективного использования отопительных приборов:

- укрытие отопительного прибора декоративными плитами, шторами – снижение теплоотдачи на 10 – 12%;
- окраска отопительного прибора цинковыми белилами – увеличение теплоотдачи на 2,5%;

- окраска масляной краской – снижение теплоотдачи на 8,5% (для чугунного радиатора еще больше, до 13%);
- загрязнение пластин конвектора также уменьшает теплоотдачу;
- мебель в квартире следует расставить так, чтобы не препятствовать циркуляции теплого воздуха от батарей.

Для экономии энергии в холодный период года можно поддерживать в помещениях температуру и относительную влажность воздуха на нижнем нормируемом пределе (соответственно, для гостиной – 16 – 18°C, для кухни и спальни – 14 – 16°C, для детской – 20 – 21°C). Конечно, можно иметь и систему автоматического поддержания температуры, если есть система учета тепла в доме. Термометры должны устанавливаться на внутренних стенах на высоте глаз стоящего человека, вдали от радиаторов, ламп, а также в местах, которые не подвержены в течение дня лучам прямой солнечной радиации.

Всемерно экономя на отоплении, нельзя забывать о необходимости в определенных случаях резервирования основного источника теплоснабжения. Например, для резервирования отопления можно использовать накопители тепла.

Ощутимого эффекта можно достичь и экономя воду. Обычно сразу уточняют, о какой воде речь – о холодной или горячей. Опять же это во многом вызвано российской спецификой – широким распространением открытых систем горячего водоснабжения, когда горячая вода на бытовые нужды берется непосредственно из теплосети. При этом нормативные требования к воде в теплосети такие же, как к питьевой.

Вторая специфическая черта отечественного водопользования – более чем расточительные нормы ее расхода: 120 литров в сутки на одного человека горячей, 160 литров – холодной воды. Сумма – 280 литров. Зарубежное фактическое потребление в три раза меньше. В среднем же по региону на каждого жителя расходуется в год до 310 литров в сутки, то есть на 30 литров даже больше, чем принятая норма [16]. Такой перерасход при средней стоимости холодной воды в 6 руб. за 1 м<sup>3</sup> обходится бюджету каждого региона России почти в миллиард рублей в год. Отсюда однозначный вывод: надо устанавливать в квартирах, домах счетчики воды.

Третья особенность – применение стальных труб, подверженных коррозии, в то время как водопроводы выгоднее делать из металлопластиковых, полиэтиленовых или полипропиленовых труб: срок эксплуатации последних не менее 30 лет, они экологически чистые и сертифицированные; у них небольшой вес (в 9 раз меньше металлических), вы-

сокая химическая стойкость, высокая ремонтпригодность, им не требуется окраска и теплоизоляция, к тому же трудозатраты при монтаже таких трубопроводов во много раз меньше, чем металлических, а стоимость трубопровода дешевле оцинкованного. При монтаже таких трубопроводов нет проблем с пожароопасностью, так как нет электродуговой сварки, газовой резки и т.п.

Необходимо уходить от металлических труб, новые трубы разрешены СНиПами 1996 г., могут применяться как для холодного, так и для горячего водоснабжения.

Четвертая особенность – низкое качество санитарно-технической арматуры. И в отечественной практике выпускаются краны-смесители без резьбовых вентилей и упругих прокладок. Они гарантируют работу без утечек воды до 25 лет эксплуатации, отличаются высоким качеством, продуманным дизайном, широкой номенклатурой, могут оборудоваться водосберегающими насадками. Такая арматура может быть оборудована специальными узлами подключения стиральной и посудомоечной машин, может иметь дополнительную рычажную выпускную заглушку, кнопку для уменьшения потока воды и высокий уровень звукоизоляции.

А пока у вас еще нет такой арматуры, то считаем:

- капает из крана: в сутки – до 24 л, в месяц – до 720 л;
- течет из крана: в сутки – до 144 л, в месяц – до 4000 л;
- течет в туалете: в сутки – до 2000 л, в месяц – до 60000 л.

Вот другие данные по утечкам воды:

- протекающий кран приводит к потере 7000 л воды в год при медленном капании. Когда же капли следуют одна за другой, потеря воды может составлять до 30000 л в год.

- унитаза, в котором вода бежит постоянно невидимым ручейком, теряет до 100000 л воды в год. Заметный для глаза поток воды (при незначительном видимом нарушении спокойствия поверхности «блюдца» воды в унитазе) означает потерю около 400000 л в год.

Дадим некоторые рекомендации по сокращению расхода воды:

1. Мойтесь быстрее. Одна ванна требует обычно 100 – 150 л воды, в то время как в случае использования душа расход воды равен примерно 8 – 10 л воды в минуту.

2. Используйте ограничители расхода воды. Краны в умывальнике могут быть легко снабжены такими устройствами. Это может без всякого труда сделать каждый человек.

Некоторые душевые установки снабжаются прерывателями воды – простым устройством на рукоятке душа, которое быстро перекрывает

подачу воды (например, на время намыливания) с возможностью такого же быстрого открытия подачи воды без дополнительного регулирования ее температуры, которое требуется каждый раз после того, когда вы закрываете краны холодной и горячей воды.

3. Не умывайтесь под проточной водой. Используйте раковину, тазик или другую емкость для содержания воды на время умывания.

Следующая статья экономии – это электроэнергия.

Электричество – очень удобная и контролируемая форма энергии. Его легко транспортировать на большие расстояния, что дает возможность напрямую снабжать энергией дома и заводы для бесчисленных форм практического применения. Оно дает тепло, свет и механическую энергию – надо только щелкнуть выключателем. Также можно просто и точно измерить потребление электричества, что помогает осуществлять контроль и взимать плату за его потребление. В точке непосредственного использования энергия не создает загрязнения. Ее трудно хранить, но химическая энергия аккумуляторов и потенциальная энергия тех же резервуаров, наполняемых насосами, быстро превращается обратно в электричество.

Сейчас имеется большой выбор самых различных электрических аппаратов. Покупайте модели с более низким уровнем потребления энергии. Обычно эти модели стоят несколько дороже. Но у вас есть возможность всегда посчитать, насколько быстро эта разница окупится и выбранная вами модель бытового прибора будет приносить доход вследствие уменьшения платежей за потребленную электроэнергию. Следует избавляться от нашей вековой привычки – в каком бы углу комнаты вы ни находились, пользоваться ярким верхним светом от люстры, расположенной в середине этой комнаты. Практически у каждого есть любимое место, где он проводит большую часть свободного времени. Установите там бра, торшер, просто электролампочку и включайте и выключайте их по мере необходимости. Сейчас на рынке предлагаются лампы, которые потребляют в 5 – 6 раз меньше электроэнергии для производства такой же освещенности, при этом срок их службы в 7 – 8 раз больше, чем у обычных ламп накаливания. Разберитесь, какие лампы в вашем доме используются больше всего, и в первую очередь поменяйте их на лампы с низким потреблением энергии.

Приведем некоторые рекомендации по использованию электроприборов.

*Холодильник.* Лучше постоянно держать его набитым битком, храня там соленья, консервы и другие продукты, которые могут храниться и

при комнатной температуре. В заполненном холодильнике благодаря большой теплоемкости находящихся в нем продуктов сохраняется более ровная температура, реже включается холодильный агрегат.

Поддерживайте температуру в холодильной камере на уровне  $+3 - +5^{\circ}\text{C}$ . Это уже достаточно холодно.

*Морозильник.* Поддерживайте температуру  $-18^{\circ}\text{C}$  в морозильной камере. Этой температуры достаточно для того, чтобы обеспечить сохранность продуктов. При дальнейшем понижении всего на  $1^{\circ}\text{C}$  потребление электрической энергии увеличивается на 5%. Размораживайте морозильник два-три раза в год. Обязательно очищайте пластинки теплообменника на задней стенке морозильной камеры.

*Стиральная машина.* Подождите со стиркой до тех пор, пока белья не наберется столько, что стиральная машина будет полностью загружена. Однако не перегружайте машину. Если белье не очень грязное, пропустите режим предварительной стирки. Используйте «щадящие» программы для менее грязного белья.

Выбирайте более низкие температуры. Белье хорошо отстирывается при температуре  $60^{\circ}\text{C}$ , так что стоит ли программировать  $90^{\circ}\text{C}$  с режимом вываривания.

*Посудомоечная машина.* Включайте машину на режим мойки только тогда, когда машина полностью загружена.

*Электросушилка.* Сушите по возможности на веревке или штативе. Используйте электросушилку лишь в случаях крайней необходимости. Никогда не используйте отопительные радиаторы для целей сушки.

*Электроплита (электропечь).* Пожалуй, это наиболее энергоемкий бытовой прибор. В настоящее время для жителей домов, оборудованных электроплитами, все еще действует особый щадящий тариф на потребленную электроэнергию, с коэффициентом 0,7. Правительство Российской Федерации постановлением от 03.06.97 г. отменило этот понижающий коэффициент. И более того, своим постановлением от 04.02.97 г. поручило региональным энергетическим комиссиям тарифы на электрическую энергию для населения установить не ниже расчетной средней себестоимости, передачи и распределения электрической энергии в регионе для всех потребителей.

Поэтому привыкайте использовать электропечь только тогда, когда это действительно нужно. В доме обычно имеются другие, «альтернативные», электрические приборы для нагрева воды, пищи, с меньшим потреблением электроэнергии. Электроплиту используйте только для приготовления пищи. При этом помните, что при работе духового шка-

фа затрачивается больше энергии, чем при приготовлении в кастрюле или сковороде на соответствующей по потребляемой мощности конфорке. Разогревайте пищу в необходимом количестве в микроволновой печи, а воду кипятите в электрочайнике с автоматическим отключением. При умелом использовании микроволновой печи Вы сэкономите 15% энергии и 45% своего «кухонного» времени.

Но в любом случае при работе электроплиты используйте тепло ее разогрева и остывания. Можно сэкономить от 20 до 35% электричества, если не включать плиту сразу, а подождать, пока кастрюля (сковорода) не будет поставлена на плиту, и выключать ее за 5 – 10 мин до момента окончания приготовления блюда. Эффективно также использование термоса для хранения горячей воды и др.

Если по технологии приготовления блюда требуется длительное время на кипячение, ведите его с минимально возможным подводом тепла. Еще более эффективно применение скороварок. Вы сэкономите 30% энергии и до 55% времени своего пребывания у плиты.

*Кастрюли.* Используйте всегда те возможные размеры кастрюли, которые оптимально подходят под размеры конфорки, а также минимальное количество воды. Варите всегда с плотно закрытой крышкой. Без крышки тратится примерно на 30% электричества больше. Дно кастрюли (сковороды) должно плотно прилегать к поверхности конфорки.

*Природный газ.* У газообразного топлива в быту многоцелевое назначение: приготовление пищи, отопительные котлы, газовые колонки для подогрева воды, горелки инфракрасного излучения и др. Использование природного газа возможно после прохождения специального инструктажа, а лучше даже соответствующего обучения. Допускаются только стандартизированные устройства для сжигания газа. Основная особенность газообразного топлива – при определенных концентрациях его в воздухе и появлении источника воспламенения может произойти взрыв. Известны трагические последствия взрывов природного газа в жилых помещениях, количество которых в последнее время значительно возросло. Как избежать этой беды? Как избежать максимально возможной вероятности возникновения наземных утечек газа?

В существующих условиях это достигается только за счет внимательного обращения с газовой аппаратурой и соблюдения правил техники безопасности. В малогабаритных квартирах теоретически, да и практически, всегда возможно своевременное обнаружение утечки газа, так как в природный газ специально добавляют компонент, обладающий резким запахом. Но в отдельных домах с большой общей площа-



дью и в 2 – 3 этажа высотой это не всегда возможно. Здесь необходимо использование современных технических средств – обнаружителей утечек природного газа.

Функционально обнаружители делятся на два типа:

- одни выявляет загазованность, включают звуковую и световую сигнализацию, подают управляющие сигналы на закрытие запорной арматуры,
- другие обнаруживают загазованность, включают звуковую сигнализацию (сигнализатор).

Датчики должны находиться на потолке помещения или в верхней части его стены, где расположено газопотребляющее оборудование, но на расстоянии не более 4 м от возможного источника утечки газа (котла, газовой плиты и т.п.).

*Изоляционные материалы.* Большая часть энергосберегающих мер связана в той или иной степени с теплоизоляционными работами, реализация которых возможна при использовании разного рода термоизоляционных, прокладочных, набивочных, облицовочных материалов. Еще до принятия закона «Об энергосбережении» этих материалов использовалось в нашей стране миллионы тонн. Сейчас, когда надо утеплить каждый второй из существующих домов и сооружений с использованием всякого рода волокнистых материалов, отремонтировать теплоизоляцию на тысячах километров труб тепловых сетей и др., хотелось бы обратить внимание на возможное влияние этих материалов на здоровье не только персонала, работающего с ними, но и населения в целом.

Уже несколько десятков лет в мире продолжается «асбестовая война» – крупномасштабная борьба против использования асбеста, сопровождающаяся соответствующей пропагандистской кампанией в СМИ. В частности, много говорилось и писалось о том, что асбест – канцероген. За рубежом последнее привело к остановке крупных предприятий, производящих асбестовую продукцию, в учреждениях и жилых домах проводилась замена асбестовых изделий на искусственные и т.д.

Однако:

- определенное влияние на человека и животных при соответствующих условиях могут оказывать практически все новопризнанные искусственные минеральные волокна – стекло, минвата и т.п., а не только асбест;
- термин «асбест» объединяет различные виды силикатных волокон. В России имеется только хризолитовый асбест. Он значительно уступает другим видам асбеста (из Канады, Южной Африки и др.) по биологической активности и потому в результате многочисленных исследо-

ваний признан практически безопасным при распространении его в атмосфере в рамках предела допустимой концентрации (ПДК);

- специалисты установили, что при средней запыленности в атмосфере минеральными волокнами  $0,1 - 0,3 \text{ мг/м}^3$  не создается повышенной онкологической опасности;

- асбест, да и другие минеральные волокна относятся к канцерогенным и действуют при вдыхании. Определено, что для лиц, работающих в зданиях с асбестосодержащими материалами, риск заболевания раком равен 1 случаю на 100 тыс. человек, в то время как смертность курящих от рака равна 8800 случаям на 100 тысяч. При этом не учитывается возможность заболевания некурящих, вынужденных вдыхать табачный дым;

- обращается внимание на то, что ряд изделий из асбеста может оказывать положительное воздействие на человека (так, асбоцементные трубы влияют на профилактику кишечных инфекций, особенно в условиях жаркого климата) [16].

Тем не менее следует принимать все необходимые меры предосторожности при работе с минеральными волокнистыми материалами – стекловатой, минеральной ватой, асбестом и т.п. Нельзя допускать возможность создания заметной концентрации волокон этих минералов и их воздействия на органы дыхания при использовании утеплителей. Наиболее радикальным решением будет возможное сокращение использования теплоизоляционных материалов в виде ваты, пушенки, крошки, матов без обкладки, при работе с которыми возможно образование пылевой фракции в виде волокон, аэрозолей и т.п. В этом плане целесообразное применение всякого рода изделий в виде плит, блоков, кирпичей, скорлуп и т.п., обеспечивающих необходимые прочностные характеристики и свойства.

Реальные варианты решения изложенных здесь задач. Используемая нередко и сейчас изоляция труб тепловых сетей матами из минваты приводит к тому, что эта изоляция быстро разрушается, пропитывается грунтовыми водами или стоками, что увеличивает теплопотери до 40 – 60%. Всего этого можно избежать, если использовать трубы в прочной пенополиуретановой оболочке с поверхностной изоляцией из полиэтилена, снабженные датчиками и системами контроля за герметичностью и целостностью изоляции. Потери тепла при транспортировке теплоносителя сводятся к 2 – 3% вместо 40 – 50%, которые зачастую имеются в настоящее время.

Для снижения толщины стеновых конструкций, при новых требованиях к показателям их термического сопротивления, получают распро-

странение стеновые панели в трехслойном исполнении: облицовочный, теплоизоляционный и несущий слои. В качестве теплоизоляционного слоя можно использовать пенопласт, минераловатные плиты и др. материалы.

### **6.3.2. Современные энергоэффективные технологии**

#### **Система дистанционного управления и дистанционного контроля**

Управляемым объектом данной системы может быть инженерное оборудование зданий и микрорайона в целом.

Сама по себе возможность мониторинга объектов и управления ими с одного рабочего места уже коренным образом преобразует работу, на порядок повышая ее эффективность. Однако, с учетом того, что в системе используются сертифицированные приборы коммерческого учета энергоресурсов, она дает и прямой экономический эффект.

Разумеется, сами по себе приборы учета еще не экономят ресурсы, но они позволяют потребителям оплачивать только их фактическое потребление, т.е. знать – это означает экономить.

По статистике, разница между расчетным и фактическим значениями потребленной тепловой энергии (горячее водоснабжение) только по одному дому составляла ежемесячно 18 – 20 Гкал, а это означает экономию 15 – 20%.

Объективный контроль позволит вовремя зафиксировать сверхнормативное потребление и принять меры к выявлению потерь, и здесь уже заложено реальное энергосбережение.

Вот какие задачи решает объединенная диспетчерская служба (ОДС) микрорайона, где внедрена система дистанционного управления и контроля.

*Фиксация аварийных ситуаций.* Это, например, авария лифта, проникновение в служебные помещения посторонних лиц, затопление подвала или накопление там опасной концентрации газа, а также так называемые перетопы (несоответствие температуры в подающем трубопроводе нормативу для текущей температуры наружного воздуха). О возникновении подобных ситуаций немедленно извещается диспетчер, при этом ему выдается краткая инструкция по действиям для данного случая.

*Управление инженерным оборудованием.* Это, в первую очередь, управление освещением (общее и раздельное) в подъездах и на внутри-

дворовых территориях. Возможно также управление задвижками трубопроводов, средствами оповещения населения, да и любой другой техникой.

*Контроль технических параметров инженерного обеспечения.* Это оперативный контроль диспетчером параметров отопления, горячего и холодного водоснабжения, электроснабжения, вентиляции, работы лифтового оборудования.

*Учет показателей потребления.* Имеется в виду подомовый учет потребленной тепловой и электрической энергии, воды, учет работы лифтов, в т.ч. автоматический подсчет времени их простоя в неисправном состоянии. Учетные показатели, выдаваемые системой, являются законным основанием для расчетов с поставщиками и подрядчиками.

*Обработка данных и формирование расчетных документов.* Это формирование итоговых данных по контролируемым и учетным показателям: за определенный срок, за весь микрорайон или за отдельный объект, в виде выборок журналов, таблиц, графиков (трендов), в виде отчетных и расчетных документов на установленных бланках; для оперативного и долгосрочного анализа динамики процессов, для расчетных отделов. При расчетах легко может быть учтен, например, двухставочный тариф.

*Объективный контроль технологической дисциплины.* Сюда относится регистрация действий персонала, смены дежурств, сроков устранения аварий и многое другое. Разумеется, приняты все необходимые меры для разграничения прав доступа, защиты информации.

Далее приводятся технические средства, используемые в системе дистанционного управления и контроля.

*АРМ диспетчера.* Это – промышленный компьютер высокой надежности с большим монитором. На основном экране отображается мнемосхема контролируемого объекта (например, план микрорайона). Для получения детализованной информации, обращения к архивным данным и т.п. диспетчер запрашивает один из множества вспомогательных экранов. Компьютер имеет порты для соединения с каналами связи.

*Оборудование объекта.* Оно включает, во-первых, периферию – датчики, приборы учета: тепловосчетчик, электросчетчик, исполнительные устройства; во-вторых – аппаратный шкаф с телеметрическим контроллером и аппаратурой связи.

*Каналы связи.* На практике используются и проводные каналы (витая пара), и радиоканалы. С применением радиосвязи можно обеспечить передачу данных на расстояние до десятков километров.

Принцип открытой архитектуры позволяет без серьезной переработки системы перенастраивать ее на решение задач управления различными объектами, оптимизацию работы предприятий различных отраслей. Например, основные элементы системы можно использовать при построении систем диспетчерского контроля и управления в энергетике. Одним из вариантов использования системы на предприятиях-поставщиках тепловой энергии является автоматизация работы центральных тепловых пунктов (ЦТП).

Диспетчеризация параметров энергоснабжения объектов позволяет производить оперативный контроль энергоснабжения объекта. Эффективность – 20 – 30% за счет принятия своевременных мер по устранению потерь энергии, аварии и корректировки режимов энергоснабжения.

Узлы учета энергоносителей, созданные на базе серии современных вычислителей, позволяют построить систему диспетчеризации энергоснабжения объекта по воде, пару, газам (природному, техническим), тепловой энергии, электроэнергии. Существующие программно-аппаратные средства делают возможным не только оптимальное построение системы, но и высокоэффективное ее использование.

#### Создание и внедрение теплонасосных установок в систему городского теплоснабжения

Масштабность и значимость проводимых работ определяются огромными выбросами низкопотенциальной теплоты (НПТ) в системе городского энергохозяйства и на предприятиях энергосистем.

Если при этом принять во внимание, что из-за вынужденного снижения тепловой нагрузки в неотапительный период не только возрастают тепловые выбросы в окружающую среду, но и резко увеличивается пережог топлива при выработке электроэнергии, то становится совершенно очевидным, насколько важно внедрять энергосберегающие технологии в систему городского теплоснабжения, позволяющие заметно сократить упомянутые негативные эффекты. Одним из таких наиболее эффективных и технически широко доступным направлением является внедрение теплонасосной технологии как на объектах АО-энерго, так и на объектах системы городского теплоснабжения. Полезное вовлечение тепловых выбросов в систему можно обеспечить на ТЭЦ за счет внедрения теплонасосной технологии, например посредством отбора теплоты с помощью ТНУ от потока отработавшей обратной сетевой воды, возвращаемой на ТЭЦ, или от воды системы охлаждения

технической воды. И то и другое в конечном итоге приводит к сокращению тепловых выбросов в окружающую среду, снижению потребления топлива и расхода сетевой воды. При применении теплонасосной технологии еще большей эффективности можно достигнуть при решении проблемы сохранения избыточной теплоты в неотапительный период, например в подземных аккумулирующих системах (в замкнутых подземных линзах), как это осуществляется в ряде стран (Швеции, Германии, Франции, Японии, США и др.)

В системе городского хозяйства источником низкопотенциальной теплоты (ИНПТ) являются разного рода стоки воды в систему канализации от объектов промышленного и социального назначения. Концентрированным ИНПТ в системе городского хозяйства стали станции аэрации и крупные стоки (сборные коллекторы КНС).

Возвращаясь к источникам низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ, надо отметить, что наиболее широкодоступным ИНПТ является теплота потока обратной сетевой воды благодаря развитой системе магистральных и распределительных трубопроводов, находящихся в подземных коммуникациях городского хозяйства. Это позволяет обеспечить подключение теплонасосных установок (ТНУ) в наиболее пригодных местах. В первую очередь это оправдано в районах новостроек и на вновь сооружаемых ЦТП.

Для лиц, принимающих решение о подключении ТНУ, важно знать, что отбор теплоты от ОСВ ведет к снижению температуры сетевой воды и, следовательно, к необходимости увеличения отбора пара из теплофикационных отборов на ее подогрев. Это автоматически увеличивает выработку электроэнергии при тепловом потреблении и загрузку теплофикационных отборов, что, в свою очередь, приводит к уменьшению расхода пара в конденсатор турбины и тем самым к снижению тепловых выбросов на ТЭЦ.

Как уже отмечалось, еще более масштабные выбросы НПТ осуществляются на промышленных объектах и объектах коммунально-бытового хозяйства (на крупных предприятиях сервисного обслуживания, комплексах гостиничного типа и общепита и т.п.). Применение ТНУ в названных сферах городского хозяйства приобретает большую значимость еще и потому, что утилизация сбросной НПТ приводит, с одной стороны, к производству высококачественной теплоты, а с другой – холода, соотношение в потребности которых меняется не только в течение сезона, но и в суточно-недельном временном разрезе.

Для достижения перечисленных эффектов нужны ТНУ. Именно тепловой насос преобразует бросовое тепло низкого потенциала в теплоту высокого потенциала, так как в испарителе ТНУ бросовая теплота расходуется на испарение хладона (с этой стадией теплонасосного цикла связано сокращение теплопотерь и, соответственно, расхода топлива). Для преобразования НПП потребляется электроэнергия, расходуемая на сжатие паров хладона и их нагрев до нужной температуры. При этом затраты энергии, а с ней и топлива много меньше, чем получаемая выгода от утилизации НПП.

Теплонасосные установки широко эксплуатируются в мировой практике, поскольку их применение дает значительный эффект в энергосбережении. Отечественные ТНУ – отличаются по своим характеристикам от западных и в мировой практике не имеют аналога.

Особую ценность имеет идея размещения ТНУ на ЦТП с подключением испарителя теплонасоса в тракт обратной сетевой воды, покидающей ЦТП, а конденсатора ТНУ в тракт квартальной воды, поступающей в систему отопления ЦТП в отопительном периоде, а по его окончании – в тракт горячего водоснабжения.

Что получается в результате использования такой ТНУ? Во-первых, достигаются высокие значения коэффициента преобразования низкопотенциальной теплоты в теплоту высокого потенциала (4,5 – 7 и выше). Во-вторых, на ТЭЦ происходит прирост электрической мощности на 6 – 10% от установленной мощности теплофикационной турбины без затрат топлива на этот прирост; прирост тепловой мощности на величину утилизируемой теплоты, ранее выбрасываемой в систему охлаждения технической воды, а также снижение теплопотерь при транспортировке сетевой воды в магистральных и распределительных трубопроводах и др.

В системе городского теплоснабжения позитивные результаты проявляются в возрастании присоединительной отопительной нагрузки на 15 – 20% при том же расходе первичной сетевой воды; устранении или снижении её дефицита в сетевой воде на ЦТП в удаленных от ТЭЦ микрорайонах; появлении резервного источника для покрытия пиковых тепловых нагрузок в зоне работы ЦТП или при других изменениях уровня теплопотребления. У городских властей появляется возможность сократить расходы на дотацию населению в жилищном и социальном секторах теплоснабжения за теплоту, расходуемую на отопление и горячее водоснабжение.

По результатам выполненных исследований и проектно-конструкторских работ, расчеты показывают, что срок окупаемости проекта (при правильной организации работ и строгом соблюдении финансовых взаимоотношений между инвесторами, исполнителями и службами городского энергохозяйства) составляет до 14 месяцев с момента сдачи ТНУ в эксплуатацию.

#### Производство и установка электрических аккумуляционных обогревателей-теплонакопителей

В суровых климатических условиях обеспечение теплом наших городов – задача стратегическая, основополагающая. Тепло в зимнее время – это не только комфорт и не столько комфорт, тепло – это жизнь. Но именно на таком уровне при существующей системе теплоснабжения решают сегодня муниципальные образования задачу обеспечения теплом.

О существующей системе теплоснабжения говорят и пишут очень много, и очень мало хорошего. Повторяться не стоит. Лучше посмотреть, какие еще городские проблемы не может решить сложившаяся система теплоснабжения, кроме своей основной задачи — давать тепло людям.

Во-первых, даже обеспечивая теплом, система не создает комфортных условий для потребителей.

Во-вторых, даже обеспечивая теплом, система остается высокоаварийной и не дает гарантий от замерзания.

В-третьих, даже обеспечивая теплом, система остается очень громоздкой, и ее развитие упирается порой в нерешаемые проблемы.

В-четвертых, даже обеспечивая теплом, система остается одним из основных пожирателей городских и муниципальных бюджетов.

Конечно, решение этих проблем должно быть комплексным. Любое тепловое оборудование, в т.ч. и электрические обогреватели, имеет свои преимущества и недостатки, свои границы применения. Но сегодня цивилизованный электрообогрев занимает незаслуженную узкую нишу в системе теплоснабжения.

Все цивилизованные страны работают в рыночных условиях и, в зависимости от уровня спроса, меняют условия предложения. Все знают о принятых у них очень гибких тарифах на транспортные услуги и услуги связи. Многие знают о такой же гибкой системе тарифов на электричество. В России же главное достижение на сегодняшний день – это ночной тариф. Тариф, действующий в часы провалов энергопотребления и



составляющий в среднем 25% от дневного. И мы обязаны этим достижением воспользоваться, если не хотим скатиться в еще более глубокий энергетический, а следовательно, и экономический кризис. Только как им воспользоваться? Ведь действует этот тариф для организаций только на цели электроотопления.

Инструмент, который позволяет использовать ночной тариф на электроэнергию – это электрический аккумуляционный обогреватель – теплонакопитель. Более 80 организаций и частных лиц используют сегодня системы отопления на базе теплонакопителей.

Сегодня пришло время муниципальным образованиям обратить внимание на теплонакопители, применение которых позволит решить ряд городских проблем, прямо или косвенно связанных с теплоснабжением.

*1. Применение теплонакопителей позволит покрыть существующий дефицит тепла без ввода новых мощностей.*

Теплонакопители работают на электрической энергии, производство которой не является заботой муниципалитетов. Напротив, у энергетиков существует проблема загрузки мощностей в ночное время. Поэтому вполне логично перенести тяжесть обеспечения теплом с централизованного отопления на электрообогрев в ночное время.

*2. Применение теплонакопителей позволит сделать существующую систему отопления более регулируемой.*

Возможна установка теплонакопителей как дополнительного источника тепла. Благодаря современной системе регулировки теплонакопитель автоматически поддерживает заданную температуру в помещении, не допуская перетопов и недотопов. В межсезонье возможно отопление помещений только теплонакопителями, тем самым сокращается время отопительного сезона.

*3. Применение теплонакопителей позволит получить резервный источник теплоснабжения.*

В связи с реконструкцией котельных и переходом на наиболее дешевый вид топлива – природный газ – в некоторых городах сложилась ситуация, в которой более 70% теплоисточников ориентированы на один вид топлива. Использование теплонакопителей позволит пережить аварийные ситуации как на теплоцентралях, так и на электросетях. Даже на Камчатке, когда отключают электричество на 15 часов в сутки, теплонакопитель позволит поддерживать номинальный температурный режим в помещении, так как из оставшихся 9 часов ему требуется 8 для полной зарядки.

*4. Применение теплонакопителей позволит решить проблемы отопления в городских районах, перенасыщенных коммуникациями.*

В Екатеринбурге тормозится застройка центральной части города из-за недостатка в первую очередь мощностей по теплу и из-за невозможности строительства в этой части города новых теплотрасс. В Санкт-Петербурге остро стоит проблема отопления центральной, исторической, части города, которой также не хватает тепловых мощностей, а прокладка новых теплотрасс нежелательна потому, что это – историческая часть города. По этой же причине нежелательно использование автономных газовых котельных. Прокладка кабеля – несоизмеримо более дешевое и щадящее город мероприятие.

*5. Применение теплонакопителей позволит решить проблемы отопления в городских районах, удаленных от источника тепла.*

Для отопления коттеджных поселков, новостроек, удаленных складских и прочих помещений прокладываются теплотрассы с плечом в несколько километров, что сопровождается огромными теплопотерями, либо прокладываются газопроводы. В отсутствие газа рентабельной альтернативы электрообогреву в этих случаях нет. А если электрообогрев, то почему не теплонакопители, работающие на низком тарифе и не загружающие энергетиков в часы пиковых нагрузок?

*6. Применение теплонакопителей позволит решить часть экологических проблем.*

Старые муниципальные котельные с выработанным ресурсом, работающие на угле или мазуте, загрязняют наши и без того неблагополучные в экологическом отношении города. Найти достойную замену этим теплоисточникам – мечта каждого руководителя городского или районного хозяйства. Дешевле поставить дополнительные ТП и перейти на электрообогрев, чем содержать эти котельные и продолжать загрязнение наших городов.

*7. Применение теплонакопителей позволит снизить социальную напряженность.*

Температурный режим в больницах, школах и детсадах порой не выдерживает никакой критики. Болеют дети, родители уходят на больничные, больные, помимо основного заболевания, получают дополнительные болячки, вызванные переохлаждением. Практически в каждой из перечисленных организаций используются электрические обогреватели для догрева помещений, что, помимо прочего, приводит к сверхнормативному потреблению электроэнергии, увеличивая затратную часть бюджета и задолженность перед энергетиками.

8. *Применение теплонакопителей позволит уменьшить затратную часть бюджета.*

И последний аспект — затраты городских бюджетов на обеспечение теплом населения и бюджетные организации.

Если внимательно рассмотреть состав бюджетных затрат на отопление, то можно выделить три составляющие:

- затраты на отопление бюджетных организаций;
- затраты на электроэнергию бюджетных организаций;
- дотации населению на оплату тепла.

Количественная оценка этих затрат и возможной экономии при применении теплонакопителей затруднена, потому что в таком разрезе затраты в бюджете не отражены.

Использование теплонакопителей удовлетворяет интересы как потребителей, так и производителей электроэнергии. На сегодняшний день это единственная возможность использовать в полной мере низколиквидную ночную электроэнергию.

#### Учет энергоносителей

Учет энергоносителей позволяет производить расчеты за реально потребленную энергию. Эффективность – 25 – 50% за счет исключения необоснованных платежей и применения двухставочных тарифов. Современное отечественное высоконадежное недорогое оборудование позволяет эффективно решить вопросы учета энергоносителей.

##### 1. *Вода холодная и горячая*

Оптимально вопрос учета холодной и горячей воды может быть решен при использовании механических счетчиков воды, обладающих высокими показателями надежности в сочетании с большим межповоротным интервалом (4 – 5 лет). Однако необходимо помнить, что для обеспечения длительной безотказной работы приборов подобного типа обязательна установка фильтров воды перед ними.

##### 2. *Тепловая энергия*

Использование недорогих энергонезависимых теплосчетчиков позволяет наиболее просто решить вопрос учета тепловой энергии в водяных системах теплоснабжения. Энергонезависимость, электробезопасность, компактность, простота установки, удобство эксплуатации и высокая надежность – это то, что делает их наиболее популярными в настоящее время.

### *3. Электрическая энергия*

Для небольших непромышленных потребителей целесообразно применение двухтарифных электросчетчиков совместно с устройством переключения тарифов, обеспечивающим управление ведением учета по зонам суток. Для крупных промышленных потребителей необходимо построение автоматических систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) на базе сумматоров электроэнергии и электросчетчиков (однотарифных) с импульсным выходным сигналом. Построение АСКУЭ позволяет не только организовать многотарифный учет электроэнергии, но и, что очень важно, избежать немалых штрафных санкций за перебор мощности.

### *4. Газ*

При учете газа, используемого для бытовых нужд, применяют счетчики газа бытовые, выполняющие измерения и учет объемного расхода газа. В других случаях, согласно действующим в настоящее время правилам учета газа, необходимо применение узлов учета, реализующих функцию приведения параметров газа к нормальным условиям. С этой целью в узлах учета используются корректоры. Наиболее эффективно для учета газа по 1-му трубопроводу использование корректора в сочетании с турбинным расходомером. Основные достоинства такого узла учета – низкая стоимость, энергонезависимость, высокая надежность, простота установки и эксплуатации.

### *5. Сточные воды*

До недавнего времени проблема учета сточных вод стояла достаточно остро из-за отсутствия необходимой приборной базы. Сегодня есть несколько путей решения этого вопроса. Для учета сточных вод в заполненных напорных трубопроводах рекомендуется использовать электромагнитные и ультразвуковые расходомеры-счетчики. Для решения наиболее часто встречающейся задачи учета сточных вод в открытых каналах и безнапорных трубопроводах целесообразно применение акустического расходомера, позволяющего производить измерение не только расхода, но и уровня сточных вод.

### *6. Нефтепродукты*

Обычно с целью учета нефтепродуктов использовались механические счетчики типа ППТ (турбинные), ППВ (винтовые), ППО (с овальными шестернями). Их применение целесообразно в технологических установках и передвижных средствах заправки и перекачки. Однако в настоящее время все большей популярностью пользуются ультразвуковые расходомеры-счетчики с накладными или врезными первичными преобразовате-

лями. Их основные преимущества связаны с отсутствием движущихся частей, отсутствием дополнительных гидравлических сопротивлений, незасоряемостью канала измерения посторонними включениями.

#### Автоматическое регулирование потребления тепловой энергии

Автоматическое регулирование потребления тепловой энергии позволяет оптимизировать и сократить потребление тепловой энергии. Эффективность – 25 – 40% за счет точного отслеживания заданного потребителем температурного графика, исключения перетоков, снижения теплопотребления в нерабочие дни и часы, исключения превышения температуры обратной воды. Окупаемость затрат на установку системы для потребителей с тепловой нагрузкой от 0,1 до 1 Гкал/ч составляет от 6,5 до 1,5 месяцев соответственно. Этому способствует недорогое отечественное надежное оборудование.

#### Применение средств управления электродвигателями с широким спектром напряжений и мощностей

Сбережение энергоресурсов как общемировая проблема стала наиболее актуальна за последние десятилетия. Уменьшение запасов природных энергоносителей, ухудшающаяся экологическая обстановка поставили перед потребителями энергоресурсов задачу их экономного использования. Для России эта проблема усугубляется стабильным ростом цен на энергоносители при продолжающемся увеличении энергоемкости внутреннего валового продукта.

На каждом промышленном предприятии, в городском коммунальном хозяйстве существует большое количество электрических двигателей, работающих на самых различных участках производства, часто в неблагоприятных условиях, и потребляющих огромное количество электроэнергии, часть которой расходуется впустую. Страдает оборудование, выходят из строя агрегаты, повышается себестоимость продукции, падает рентабельность производства. Существует простой и эффективный выход из такого положения с помощью специальных средств управления электродвигателями с широким спектром напряжений и мощностей.

Частотно-регулируемый электропривод, или преобразователь частоты, позволяет в широком диапазоне регулировать скорость вращения электродвигателей и, благодаря гибким возможностям программирова-

ния, максимально эффективно адаптировать работу электродвигателей и нагрузки к требованиям технологического процесса.

Область применения частотно-регулируемого электропривода весьма обширна и практически не ограничена.

- Металлургия и машиностроение – прокатное оборудование, печи, крановое хозяйство, станочный парк, конвейеры, транспортеры и т.д.

- Энергетика – питательные, сетевые и подпиточные насосы, дутьевые вентиляторы и дымососы ГРЭС, ТЭС и т.п.

- Нефтяная и газовая промышленность – буровые установки, насосы нефтеперекачки и компрессоры газоперекачки.

- Угольная и горнорудная промышленность – экскаваторы, электро-трансмиссии мощных карьерных самосвалов, карьерные дизель-троллейбусы, транспортеры и конвейеры, дробилки и мельницы, шахтные подъемные машины и шахтный электротранспорт, насосы, вентиляторы, компрессоры и т.п.

- Цементная промышленность – печи, мельницы, конвейеры и транспортеры.

- Химическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно-бумажная промышленность – перемешивающие устройства, центрифуги, насосы, компрессоры, вентиляторы и т.п.

- Коммунально-бытовое хозяйство – регулируемый электропривод, используемый для насосов городских систем холодного и горячего водоснабжения, – позволяет на 40 – 50% сократить расход электроэнергии, на 20% – воды и тепла и, что не менее важно, исключить гидравлические удары в системах водоснабжения, т.е. избавиться от аварийных разрывов трубопроводов.

Актуально применение частотно-регулируемого привода для дутьевых вентиляторов ТЭС: кроме значительной экономии электроэнергии – до 40%, обеспечивается минимизация вредных (серных, азотных и других) выбросов в атмосферу, что в значительной степени улучшает экологическую обстановку.

Результаты внедрения частотно-регулируемых приводов на центральных тепловых пунктах и районных тепловых станциях подтвердили высокую экономическую эффективность энерго- и ресурсосбережения при применении этого оборудования. При этом не требуется замена существующих электродвигателей, что особенно актуально при реконструкции объектов. Срок окупаемости частотно-регулируемого привода, в зависимости от мощности двигателей, при мировом уровне цен на оборудование (в среднем 150 – 250 долл. за киловатт) составляет 3,3 – 1,5 года.

### Рисайклинг

В основе новой концепции обращения с отходами лежат не затратные методы их устранения, каковыми являются захоронение и сжигание, а рисайклинг – рационализированная система сбора и вторичной переработки компонентов в продукты, имеющие товарную стоимость. Широкое внедрение рисайклинга способно минимум вдвое снизить энергозатраты на некоторых производствах.

Ежегодно в России образуется около 7 млрд т отходов, из которых переработке подвергается не более двух. Таким образом, в стране скопилось около 80 млрд т отходов, вяло разлагающихся на свалках и в отвалах.

Вместе с разлагающимися отходами рассеивается и часть энергии, затраченной при производстве первичной продукции.

В то же время отходы промышленности, сельского хозяйства, а также бытовые отходы, за редким исключением, являются ценным исходным сырьем для смежных отраслей народного хозяйства. Например, отходы предприятий черной металлургии, золошлаковые отходы энергетики, отходы нефтехимии (в определенных пропорциях) – прекрасное исходное сырье для строительства автодорог, производства строительных материалов. При этом не требуется разработка песчаных и щебенистых карьеров, т.е. одновременно решаются вопросы экологии и рационального землепользования.

Поэтому вопросы энергоресурсосбережения и экологии в каждом регионе возможно решать путем сбора (вовлечения складированных) отходов и их переработки в товарную продукцию. Главная идея – до минимума снизить использование первичного сырья за счет максимального вовлечения в оборот вторичного.

Эти идеи не новы. В большинстве развитых стран уже давно действует система сбора, переработки всех видов отходов – рисайклинг (recycling).

В России сегодня существуют практически два способа избавления от всех видов отходов: захоронение (складирование) на специальных полигонах и сжигание твердых бытовых отходов (ТБО) на специализированных мусоросжигательных заводах (МСЗ).

При этом в российских условиях затраты на сжигание (ТБО) пятикратно превышают затраты на их захоронение. Однако и сжигание отходов не является радикальным решением проблемы.

Уровень современного знания проблемы и анализ мировых тенденций показывают, что метод сжигания отходов (без предварительной их сортировки) не только не экологичен, но и не экономичен.

За последние 10 лет неизвестно ни одного случая строительства нового МСЗ в Европе, а многие старые закрыты, поскольку по выбросам они не удовлетворяют требованиям ЕС. Важно отметить, что в развитых странах сжигают лишь то, что остается после сортировки и утилизации.

Принципиальное отличие ресайклинга от захоронения или сжигания состоит в том, что технологическая цепочка начинается с отдельного сбора и идентификации отходов, пригодных для переработки. Затем следует сортировка по типу сырья (стекло, пластик, бумага/картон, резина и т.д.) и собственно переработка в продукт, имеющий потребительскую стоимость. Другая часть отходов (пищевых, древесина, ветошь, листва – иначе говоря, все, что способно перегнивать) идет на компостирование или опять-таки в переработку. Так или иначе, значительная часть всех видов отходов не попадает на свалку, возвращается в материальный, экономический цикл.

Захороняемый или сжигаемый остаток при таком подходе составляет не более 30 – 40% от общей массы твердых бытовых отходов.

Известны промышленные способы ресайклинга сложных изделий, таких, как бывшие в употреблении свинцовые аккумуляторы, бытовая техника и радиоэлектроника. Как стадия переработки в этом случае добавляется демонтаж.

Публикуемые по развитым странам данные показывают, что как минимум 15 – 50% объема отходов там уже перерабатывается. И доля переработки из года в год растет. В Великобритании, Германии, Скандинавских и многих других странах законодательная поддержка и приоритеты государственного финансирования однозначно отданы вторичной переработке отходов. Отправной точкой для этого является стремление предельно сократить количество отходов, для традиционного устранения которых в будущем остается все меньше возможностей. Выполняются программы устранения и рекультивации свалок.

Использование вторсырья экономит не только природные и людские ресурсы, но и энергию.

Созданы отечественные и зарубежные технологии вторичной переработки древесных и растительных отходов, кератинового сырья, стройматериалов, сложных изделий (таких, как компьютеры, лампы, батарейки, свинцовые аккумуляторы), бывших в употреблении автопокрышек как с металлическим, так и с тканевым кордом.



Рисайклинг является одним из элементов энергоснабжения, так как любые отходы являются «законсервированной» энергией, которая была затрачена при добыче, переработке и транспортировке исходного сырья. При этом, как показывает опыт, при вовлечении в повторную переработку отходов уменьшаются затраты всех видов энергии практически на величину «законсервированной» энергии.

#### Получение тепловой энергии на основе биотоплива с применением МТС

В течение ряда лет российскими учеными ведутся разработки мобильных тепловых станций (МТС), работающих на различных видах местного топлива, в том числе отходах лесозаготовок, деревообработки, сельскохозяйственного производства.

Полученная тепловая энергия может быть использована для отопления административных зданий, теплиц, гаражей, мастерских, помещений для содержания сельскохозяйственных животных, сушки лесоматериала, зерна, трав и т.п.

Использование биологического топлива вместо невозобновляемых источников, таких, как газ, нефтепродукты, уголь, для производства тепловой энергии позволяет сэкономить в масштабах страны порядка 10 млрд руб. в год. При этом существенно повышается экспортный потенциал государства. Одновременно решается другая, не менее важная задача – улучшение экологической ситуации. Это происходит, во-первых, в результате сокращения вредных выбросов в атмосферу, а во-вторых, за счет утилизации отходов лесобрабатывающего и сельскохозяйственного производства, причем с несомненной экологической выгодой для производителя.

Мобильная тепловая станция представляет собой рекуперативный теплообменный аппарат, состоящий из топочной камеры, объем которой зависит от производимой тепловой мощности (от 50 до 600 кВт), трубчатого теплообменника, где происходит теплообмен между топочными газами и теплоносителем, пропускаемым через ряд герметично установленных труб. Роль теплового агента выполняет воздух, движение которого осуществляется вентилятором теплоносителя с мощностью, зависящей от параметров станции. Станция может работать как на твердом, так и фракционном или смешанном топливе (дрова, горбыль, опилки, стружка, отходы растениеводства).

Экономический эффект от использования мобильной тепловой станции объясняется низкой стоимостью местных возобновляемых источ-

ников топлива. Применение системы воздушного отопления для производственных помещений, сельских клубов, больниц, храмов, других социально значимых объектов дает дополнительный экономический эффект, так как не требует сооружения котельной, трубопроводных магистралей, радиаторов отопления, расходов на оплату труда при проведении этих работ.

Мобильный тепловой агрегат может быть установлен либо снаружи, либо непосредственно в обогреваемом помещении, при этом потери тепла по сравнению с традиционным водяным отоплением сводятся к минимуму, а коэффициент полезного действия возрастает до 85 – 90%. К тому же создается положительный баланс давления внутри отапливаемого помещения, что способствует созданию комфортного микроклимата даже в старых зданиях с плохой теплоизоляцией и в производственных помещениях с сильной вытяжной вентиляцией.

Возможность подключения МТС к сушилкам любого типа позволяет говорить о ее универсальности, т.к. относительно небольшие габариты и простота сборки дают возможность эксплуатировать станцию в течение всего года, перемещая ее от одного объекта к другому в зависимости от сезона и производственной необходимости.

Основная часть территории России относится к зоне рискованного земледелия, поэтому проблема сохранения выращенного урожая, особенно при неблагоприятных погодных условиях, относится к числу труднорешаемых. И здесь в качестве энергосберегающего фактора целесообразно использовать МТС. Потребность в сушке зерновых по России составляет 100 млн т за сезон. Для сушки 1 т зерна требуется 20 кг дизельного топлива. Если использовать для этой цели дрова, то только на зерносушении МТС способна сэкономить в целом по стране более 8 млрд руб. и 2 млн т остродефицитных нефтепродуктов. Использование в качестве топлива отходов деревообработки и растениеводства дает еще более высокий экономический эффект.

Основой надежности МТС является простота конструктивного исполнения, применение новых перспективных материалов, из которых выполнены ответственные части, высокие технические данные. При эксплуатации не требуется специальное обучение персонала.

Продукция фирмы «Георгий» сертифицирована, проведены лабораторные исследования выбросов в атмосферу, получены необходимые документы, подтверждающие экологичность, надежность, пожарную безопасность установок.

Если первоначально топка была выполнена из металла, то теперь используются модули из уникального жаропрочного бетона, выдерживающего температуру до 1200°C, что позволило увеличить ресурс МТС до 10 лет, оптимизировать габаритные размеры, повысить надежность при транспортировке между объектами. Конструктивное исполнение блоков топки и теплообменника в виде отдельных теплоизолируемых модулей, свободная посадка труб в теплообменнике, легкий доступ к их наружной поверхности упрощают проведение ремонтных и профилактических работ. Использование естественной тяги без применения систем принудительного поддува позволило отказаться от дорогих и ненадежных электрических схем управления процессом сгорания. Температуру теплоносителя в станциях нового поколения регулирует гидравлическая автоматика с точностью до 1,5°C. Концентрация высокой температуры в топливной камере дает возможность использовать топливо высокой влажности (до 50%), это особенно важно для регионов России со сложными климатическими условиями.

#### Переработка осадков городских сточных вод в топливо

В настоящее время в России утилизация осадков городских сточных вод остается одной из нерешенных проблем. Наличие отходов ведет к отчуждению огромных земельных территорий за счет постоянного пополнения иловых площадок, свалок и полигонов захоронения. За рубежом известны способы переработки осадков в виде удобрения, однако для наших крупных городов, в которых происходит смешение хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, использование их в сельском хозяйстве невозможно из-за содержащихся в осадках тяжелых металлов. В последнее время для решения этой проблемы в мире широко применяется сжигание обезвоженного осадка в специальных печах за счет собственной теплоты сгорания. В результате образуется зола, объем которой в 10 раз меньше объема обезвоженного осадка, что позволяет сократить транспортные расходы и площади для его складирования. Полученная зола относится к 4 классу опасности и может быть использована в качестве добавки к цементу при изготовлении железобетонных конструкций, облицовочных и других строительных материалов.

Санкт-Петербург первым в России приступил к решению проблемы переработки обезвоженного осадка сточных вод путем сжигания. В ноябре 1997 г. на Центральной станции аэрации введен в эксплуатацию

цех по сжиганию осадков (проект французской фирмы OTV), оборудованный четырьмя печами с псевдоожиженным слоем, системами газоочистки и рекуперации тепла. На сжигание поступает осадок, обезвоженный на центрифугах в лучшем случае до влажности 72%. Данная технологическая схема позволила прекратить складирование осадка сточных вод на полигонах вокруг Санкт-Петербурга и решить экологическую проблему.

Технология утилизации осадков сточных вод позволяет не только решить вопросы экологии, экономии природных ресурсов и утилизации древесно-растительных отходов, но и получить конкурентоспособное топливо, а значит включить в топливно-энергетический баланс страны дополнительные энергоресурсы.

#### Повышение эффективности эксплуатации тепловых сетей

Прогрессивные технологии позволяют повысить долговечность тепловых сетей, увеличить их надежность и одновременно экономичность транспорта тепла [24].

1. Бесканальная прокладка теплопроводов типа «труба в трубе» с пенополиуретановой изоляцией в полиэтиленовой оболочке и системой контроля увлажнения изоляции.

Такие теплопроводы позволяют на 80% устранить возможность повреждения трубопроводов от наружной коррозии, сократить потери тепла через изоляцию в 2 – 3 раза, снизить эксплуатационные расходы по обслуживанию теплотрасс, снизить в 2 – 3 раза сроки строительства, снизить в 1,2 раза капитальные затраты при прокладке теплотрасс по сравнению с канальной прокладкой. Пенополиуретановая изоляция рассчитана на длительное воздействие температуры теплоносителя до 130°C и на кратковременное пиковое воздействие температуры до 150°C. Необходимое условие надежной и безаварийной работы трубопроводов тепловых сетей – наличие системы оперативно-диспетчерского контроля (ОДК) изоляции. Данная система позволяет контролировать качество монтажа и сварки стального трубопровода, заводской изоляции, работ по изоляции стыковых соединений. Система включает в себя: сигнальные медные проводники, заложенные во все элементы теплосети; терминалы по трассе и в местах контроля (ЦТП, котельная); приборы для контроля: переносные для периодического и стационарные для непрерывного контроля. Система основана на измерении проводимости теплоизоляционного слоя, которая изменяется при

изменении влажности. Контроль за состоянием ОДК в процессе эксплуатации трубопровода осуществляется с помощью детектора. Один детектор позволяет одновременно контролировать две трубы до 5 км каждая. Точное местоположение поврежденного участка определяется с помощью переносного локатора. Один локатор позволяет определить место повреждения на расстоянии до 2 км от точки его подключения. Срок службы тепловых сетей с пенополиуретановой изоляцией прогнозируется на уровне 30 лет.

2. Сильфонные компенсаторы, в отличие от сальниковых, обеспечивают полную герметичность компенсационных устройств, уменьшают эксплуатационные затраты. Надежные сильфонные компенсаторы выпускает АО «Металкомп» для всех диаметров трубопровода при бесканальной, канальной, наземной и надземной прокладках. Применение сильфонных компенсаторов в АО «Мосэнерго», установленных на магистральных трубопроводах диаметром от 300 до 1400 мм в количестве более 2000 штук, позволило сократить удельные утечки воды с  $3,52 \text{ л/м}^3 \cdot \text{ч}$  в 1994 г. до  $2,43 \text{ л/м}^3 \cdot \text{ч}$  в 1999 г.

3. Шаровая запорная арматура повышенной плотности, шаровая запорно-регулирующая арматура с гидроприводом, применяемая в качестве клапанов «рассечки», позволяет улучшить эксплуатационные характеристики арматуры и коренным образом изменить существующие схемы защит систем отопления от повышения давления.

4. Внедрение новых схем регулирования производительности насосно-перекачивающих станций с применением частотно-регулируемых приводов, использование схем защиты от повышения давления в обратной магистрали при останове насосной позволяет значительно улучшить надежность работы оборудования и снизить расход электроэнергии при работе этих станций.

5. Вентиляция каналов и камер направлена на снижение тепловых потерь через изоляцию теплопроводов, что является одной из важнейших задач эксплуатации тепловых сетей. Одной из причин повышенных тепловых потерь через изоляцию теплопровода подземной прокладки является ее увлажнение. Для уменьшения влажности и снижения тепловых потерь необходимо вентилировать каналы, камеры, что позволяет поддерживать влажностное состояние тепловой изоляции на уровне, обеспечивающем минимальные тепловые потери.

6. Около трети повреждения тепловых сетей обусловлены процессами внутренней коррозии. Даже соблюдение нормативной величины утечек тепловых сетей, равной 0,25% объема всех трубопроводов, что

составляет 30000 т/ч приводит к необходимости жесткого контроля качества подпиточной воды.

Основным параметром, на который можно воздействовать, является значение водородного показателя (рН).

Повышение значения рН сетевой воды является надежным способом борьбы с внутренней коррозией при условии поддержания в воде нормируемого содержания кислорода. Высокая степень защиты трубопроводов при  $\text{pH} > 9,25$  определяется изменением свойств железокислородных пленок.

Уровень повышения рН, обеспечивающий надежную защиту трубопроводов от внутренней коррозии, существенным образом зависит от содержания сульфатов и хлоридов в сетевой воде.

Чем больше концентрация в воде сульфатов и хлоридов, тем выше должно быть значение рН.

7. Одним из немногих способов продления рабочего ресурса тепловых сетей, прокладываемых стандартным способом, исключая трубопроводы в ППУ-изоляции, являются антикоррозионные покрытия. Научно-производственным комплексом «Вектор» разработан комплект антикоррозионных покрытий «Вектор 1025», «Вектор 1214» для защиты от коррозии наружных металлических поверхностей трубопроводов, конструктивных элементов, металлических опорных конструкций и создания гидроизолирующих слоев на тепловой изоляции.

Для оценки фактического состояния металла труб, обоснования необходимости осуществления перекладки участка, определения очередности осуществления перекладок по участкам должна проводиться инженерная диагностика трубопроводов подземной прокладки, включающая комплекс работ по инструментальному и визуальному контролю.

Устройство воздушных завес при входе в здание и у открытых проемов в наружных ограждениях

Мероприятие направлено на снижение затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды в здания и через технологические проемы. Применяется в общественных зданиях, в многоэтажных жилых зданиях при проектировании часто открывающихся входных дверей, в производственных зданиях со значительными по площади воротами или с проемами в наружных стенах для установки технологических конвейеров и т.д.

Воздушная завеса – вентиляционное устройство, предотвращающее выхолаживание помещения холодными токами наружного воздуха,

проникающего в здание через открытые проемы (двери, ворота, технологические отверстия и т.д.). Различают воздушные завесы, препятствующие проникновению воздуха – шибирующие и дующие в холодный поток теплый воздух – подмешивающие. В соответствии с режимом эксплуатации ворот они могут быть постоянного или периодического действия. Воздушная завеса периодического действия рассчитывается так, чтобы воздух, забираемый завесой из помещения, возвращался со струей обратно, и при этом температура смеси воздуха, поступающей со струей, приблизительно равнялась температуре воздуха в помещении. Воздух, подаваемый в воздушную завесу, может быть внутренним или наружным, а также нагретым или ненагретым. Основным элементом шибирующих воздушных завес – плоская струя воздуха, истекающая из щели и перекрывающая (шибирующая) открытый проем. Воздухораспределитель завесы выполняют в виде воздуховода равномерной раздачи воздуха при постоянном статическом давлении.

По расположению воздухораспределителя воздушные завесы могут быть с нижней, боковой, боковой двухсторонней и верхней подачей воздуха. Технологически наиболее целесообразна воздушная завеса с нижней подачей (наибольшему давлению врывающегося потока соответствует зона струи с высокой скоростью воздуха), но из-за частого засорения щели воздухораспределителя такая подача нецелесообразна. В основном применяют воздушные завесы с боковым одно- и двухсторонним выпуском воздуха.

Энергосбережение достигается за счет снижения потребности в теплоте на нагревание или охлаждение инфильтрационного воздуха и составляет около 50%.

#### Установка использования тепла вентиляционных выбросов в воздушно-тепловой завесе

Схема позволяет снизить цеховые расходы энергии путем использования тепла вентиляционных выбросов нагревательных печей в воздушно-тепловой завесе дверных проемов производственных помещений.

Для утилизации тепла вентиляционных выбросов, к примеру, нагревательной печи устанавливают параллельно с основным отводящим в атмосферу каналом пластинчатый рекуперативный теплообменник, например ТРП-9С, в котором в зимнее время подогревают воздух для воздушно-тепловых завес дверных проемов производственных помещений.

Теплообменник состоял из секций, набранных из стального листа толщиной 1,5 мм. Теплообменные секции были установлены параллельно таким образом, что образовывали каналы шириной 40 мм для прохода греющей и нагреваемой сред. Схема движения воздушных потоков – противоточная.

При реализации предложения температура воздуха из помещения увеличивалась на 30 – 40°C.

#### Локальный обогрев рабочих площадок и мест в неотапливаемых помещениях теплотой рециркуляционного воздуха верхней зоны цеха

Обогрев рабочих площадок и мест в неотапливаемых производственных помещениях теплотой рециркуляционного воздуха рекомендуется использовать при температуре воздуха в верхней зоне не ниже 30°C и возможном уровне подачи рециркуляционного воздуха не более 15 м. Область использования – прокатные и кузнечно-прессовые цехи, отделения непрерывной разливки стали конвертерных и электросталеплавильных цехов и многие другие производства, в которых допускается рециркуляция воздуха.

Из верхней зоны помещения рециркуляционный воздух забирается патрубком и вентилятором нагнетается через воздухопровод и приточный насадок. При повышенной запыленности воздуха в верхней зоне система дополняется пылеочистными устройствами. Для обогрева площадок, имеющих в плане форму, близкую к квадрату, применяют цилиндрические приточные насадки, а для площадок удлиненной формы – шелевидные насадки.

Энергосбережение обеспечивается за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха.

#### Периодическая работа систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Применение периодических режимов вентиляции и кондиционирования воздуха с целью стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха наиболее эффективно при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания и т.д.).

Один из путей снижения энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха – обеспечение переменного расхода воз-



духа в течение года. Недостатками этого метода регулирования являются потребность в относительно сложных и дорогостоящих воздухораспределителях, обеспечение переменной частоты вращения вала вентилятора, относительно сложная система автоматизации.

Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений. При периодическом включении систем суммарная за сутки продолжительность работы сокращается, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии.

Частота включения, а следовательно, и суммарное число часов работы определяются в первую очередь газовым режимом помещения. Требуемая продолжительность проветривания зависит только от кратности воздухообмена и равна в часах  $3/k$ , где  $k$  – кратность воздухообмена. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, величины газового потока.

Управление процессом проветривания можно вести вручную или с помощью реле времени. Разработаны функциональные схемы автоматического управления на основе контроля концентрации углекислого газа или по изменению температуры воздуха (косвенным путем, отражающим изменение и газового состава). По данным исследований (в зрительных залах), экономия энергии при периодической вентиляции достигает 25%.

#### Устройство теплых чердаков

Мероприятие предназначено для жилых, общественных и производственных зданий с нормальным влажностным режимом и без пылевых и газовых вредностей. Как правило, такие здания оборудованы системами естественной вытяжной вентиляции и имеют не менее 9 этажей.

Если удаляемый воздух из здания выбрасывать на чердак, а не сразу в атмосферу, то в нем повышается температура. В результате этого снижаются теплотери через чердачное перекрытие. Над кровлей чердака устанавливается общая вентиляционная шахта, тяга которой должна обеспечить естественную вытяжку из всех вентилируемых помещений здания. Теплые чердаки устраивают в многоэтажных зданиях таким образом, чтобы тепловой энергии удаляемого воздуха хватило для формирования на внутренних поверхностях чердака температур выше температуры точки росы для удаляемого воздуха. Как правило, при этом не требуется усиливать теплозащиту перекрытия или покрытия более, чем это делается при устройстве холодного чердака. В целях повышения температуры теплого чердака в зданиях целесообразно устраивать сис-

тему водяного отопления с опрокинутой циркуляцией и располагать обратную магистраль на чердаке неизолированной.

Энергосбережение достигается за счет снижения отопительной нагрузки.

#### Теплозащита наружной стены за отопительным прибором

Это сокращает бесполезные потери тепла отопительными приборами, установленными у наружных ограждений.

В подавляющем большинстве случаев отопительные приборы устанавливаются у наружных стен. При этом температура внутренней поверхности стены за прибором значительно выше чем в остальной части, что является причиной увеличенных теплопотерь. В случае установки отопительных приборов в нише стены за прибором тоньше, и ее сопротивление теплопередаче меньше сопротивления полной стены. Это еще больше увеличивает теплопотери.

Для снижения теплопотерь необходимо теплоизолировать за приборные участки наружной стены материалами с низким (около  $0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$ ) коэффициентом теплопроводности. Теплоизоляцию желательно располагать ближе к наружной поверхности стены. Размер утепленного участка стены должен превосходить проекцию прибора на стену с каждой стороны как минимум на толщину прибора.

Энергосбережение достигается за счет сокращения потребности в теплоте для отопления помещений и оценивается при установке чугунных секционных радиаторов и конвекторов с кожухом в 2%, конвекторов без кожуха в 3%, стальных панельных радиаторов в 4% от теплоотдачи прибора.

#### Применение воздушного отопления

Системы предназначены для производственных, гражданских и сельскохозяйственных зданий, в которых функция отопления совмещается с вентиляцией или возможна полная рециркуляция воздуха. Воздушное отопление применяют также для жилых зданий и гостиниц.

Системы воздушного отопления фактически являются комбинированными, так как воздух для отопления является вторичным теплоносителем, нагреваемым в калориферах (воздухоподогревателях) первичным теплоносителем – горячей водой, паром или другим теплоносителем. Воздух, нагретый до температуры более высокой, чем температура воздуха в помещении, отдает избыток теплоты и, охладившись, выбра-

сывается или возвращается для повторного нагрева. Процесс может осуществляться двумя путями: нагретый воздух, попадая в обогреваемое помещение, смешивается с окружающим воздухом; нагретый воздух перемещается в окружающие помещения каналах, нагревая их стенки. Второй способ не получил широкого применения.

Преимущества системы: обеспечение равномерности температуры в плане помещения, возможность очистки и увлажнения воздуха, отсутствие отопительных приборов в помещении, практическая тепловая безынерционность.

Недостатки: большие поперечные сечения воздуховодов по сравнению с трубами водяного и парового отопления, меньший радиус действия по сравнению с теми же системами из-за возможной большей трансмиссионной потери теплоты при недостаточной теплоизоляции воздуховодов.

Если радиус действия системы сужается до одного помещения и воздухонагреватель может быть установлен в одном помещении, она становится местной. Чисто отопительная с полной рециркуляцией воздуха местная система может быть бесканальной и канальной. В бесканальной системе для перемещения воздуха необходим вентилятор, в канальной системе воздух при наличии вертикального воздуховода перемещается через калорифер в помещение под воздействием естественной циркуляции. При совмещении отопления с вентиляцией местная система может быть с частичной рециркуляцией воздуха и прямоточной. В частично рециркуляционной системе часть воздуха, необходимая для вентиляции помещения, забирается снаружи, а остальная часть (рециркуляционная) – изнутри. Помещение обогревается всем воздухом, а вентилируется только той его частью, которая забирается снаружи. Эта часть воздуха удаляется из помещения в атмосферу. В прямоточной системе наружный воздух в количестве, необходимом для вентиляции помещения, дополнительно нагревается для отопления, а после охлаждения до температуры помещения удаляется в таком же количестве в атмосферу.

Центральные системы воздушного отопления также могут быть чисто отопительными, полностью рециркуляционными. В них нагретый воздух по специальным каналам через воздухораспределители поступает в помещение, а охладившийся воздух по другим каналам возвращается для повторного нагрева в калорифере в тепловой центр. Система может быть с частичной рециркуляцией и прямоточной. Для уменьшения энергозатрат на подогрев наружного воздуха используются реку-

перативный теплообменник, позволяющий утилизировать теплоту вытяжного воздуха.

Энергосбережение при применении воздушного отопления достигается за счет сокращения бесполезных потерь тепла в единой для отопления и вентиляции сети, за счет отсутствия за приборных участков наружных ограждений, имеющих место в водяных и паровых системах отопления, а также за счет хорошей регулируемости системы при малой теплоемкости теплоносителя – воздуха, за счет возможного поддержания в нерабочее время в помещении более низкой температуры при быстром нагреве помещения перед началом рабочего дня.

#### Применение отопительных приборов с мелким шагом номенклатурного ряда отопительной поверхности

Мероприятие направлено на сокращение дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины. Область применения мероприятия – системы центрального водяного и парового отопления без индивидуального регулирования.

При проектировании систем отопления многоквартирных жилых домов, общественных и промышленных зданий с большим числом помещений из-за крупного шага номенклатурного ряда отопительной поверхности приборов часто приходится устанавливать приборы с большей, чем это необходимо, поверхностью нагрева. В результате этого в обслуживаемых ими помещениях наблюдаются перетопы. При установке приборов с мелким шагом номенклатурного ряда перетопы в большей мере устраняются.

Энергосбережение, достигаемое за счет снижения шага номенклатурного ряда устанавливаемых приборов с 0,30 до 0,12 кВт, составляет 11% от энергозатрат на отопление здания.

#### Увеличение теплоотдачи нагревательных приборов систем отопления

Рациональное теплотребление в общественном здании обеспечивает как снижение его теплопотерь, так и повышение эффективности работы системы отопления, установленной в здании.

Эффективность работы нагревательного прибора определяется интенсивностью его теплоотдачи, повысить которую можно за счет следующих мероприятий:

- удаления от поверхности нагрева прибора (особенно радиатора) декоративных решеток, плит, плотных штор, мебели, что обеспечивает рост теплоотдачи до 13%;

- окраски поверхности радиатора в темные тона, что увеличивает теплоотдачу по отношению с неокрашенной поверхностью на 2 – 4% (алюминиевая краска снижает теплоотдачу на 20%);

- установки теплоотражателя (алюминиевая фольга, лист альфоля и т.п.) на стене за радиатором, что снижает теплопотери через эту стену на 20 – 25%;

- сохранения расчетной теплоотдачи конвектора и поддержания расчетного перепада температур в приборе, для чего необходимо, чтобы пространство между его пластинами было свободно от грязи, пыли, посторонних предметов.

Повышение теплоотдачи установленных нагревательных приборов обеспечивает также при прочих равных условиях экономию циркулирующего в системе теплоносителя.

#### Установка окон

с повышенными теплозащитными характеристиками

Данное мероприятие является затратным, однако одним из наиболее радикальных способов энергосбережения. Наилучшие результаты обеспечивает один из трех вариантов: тройное остекление, двухкамерный стеклопакет или комбинация «стекло + однокамерный стеклопакет». Экономия тепла при этом по сравнению с обычным двойным остеклением составляет 35+45%.

Кроме того, современные конструкции окон из ПВХ или дерева обеспечивают повышенную звуко-, пыле-, газо-, воздухо- и гидроизоляцию, долговечность, не требуют окраски.

Минимальную стоимость при мало отличающейся эффективности энергосбережения для указанных выше конструкций имеют окна с тройным остеклением.

Для существующих многоэтажных зданий в качестве первого шага можно рекомендовать замену старых окон на новые конструкции на первых этажах.

#### Установка в окнах теплового зеркала или «комфорт-экрана»

В качестве теплового экрана (зеркала) можно использовать:

- теплоотражающее низкоэмиссионное покрытие, нанесенное на стекло окна, отражающее тепловое (инфракрасное) излучение;

- низкоэмиссионную теплоотражающую светопрозрачную пленку, натянутую на профильную раму, которая может быть установлена между стеклами обычного окна.

Использование теплового зеркала обеспечивает снижение теплопотерь через окна от 40 – 45% до 80%.

#### Теплоотражающие шторы

Известно, что теплопередача между стеклами окна осуществляется тремя основными процессами – теплопроводностью, конвекцией воздуха и тепловым излучением. В существующих обычных стеклопакетах из двух стекол теплопередача осуществляется на 1/3 путем теплоизлучения и 2/3 – конвекцией и теплопроводностью воздуха, находящегося между стеклами.

Энергосберегающая пленка (пленочные теплоотражающие шторы) предназначена для снижения потерь радиационной части тепловой энергии через окна и устанавливается на окна в межрамное пространство, создавая при этом эффект третьего стекла (снижая конвекцию) и отражая тепловые лучи специальным многослойным селективным покрытием толщиной 35 – 50 мкм. Этот материал, вставленный в оконный проем, пропускает более 80% видимого света и отражает около 90% инфракрасного теплового излучения. По данным фирм-производителей, пленка экономит 10 – 20% энергии, используемой на нагрев помещения, в зависимости от площади остекления. Кроме того, можно упомянуть, что наличие пленочного материала в оконной раме в качестве побочного эффекта существенно повышает звуко- и электромагнитную изоляцию помещения.

Исходные данные для расчета экономического эффекта: стоимость 1 м<sup>2</sup> теплоотражающей пленки составляет 7 долл., двухстороннего скотча для крепления – 0,3 долл. за погонный метр. Возможно применение многоразового крепежного замка стоимостью 1 долл. за погонный метр. Срок службы теплоотражающей пленки 5 – 7 лет. Согласно измерениям ЦЭНЭФ, проведенным в г. Рязани на пятиэтажном панельном доме, теплоотражающие пленки могут снизить тепловые потери через окно на 20 – 25%, что эквивалентно 11 – 12% тепла, идущего на отопление здания.

Следует отметить, что установку теплоотражающей пленки необходимо сочетать с мероприятиями по уплотнению окон. Срок окупаемости составляет 2,9 года.

#### 6.4. Принципы рационального использования энергии и ресурсов

Как производственное потребление ресурсов, так и конечное потребление благ людьми, населением для удовлетворения своих, в первую очередь, личных потребностей возможно только при наличии достаточного количества энергии и при обеспечении непрерывности процесса ее использования. Именно энергия зачастую становится тем лимитирующим звеном, которое определяет в конечном счете показатели качества жизни и уровень благ, который себе может позволить население той или иной страны и отдельного региона. Фактором, подтверждающим данное утверждение, служит то обстоятельство, что страны-производители нефти, регулируя объемы ее производства, изменяют цены на этот энергоресурс не менее чем в 2 – 3 раза. То есть продукты переработки нефти периодически можно классифицировать как предметы роскоши для определенных категорий населения и производственных потребителей.

Иначе говоря, уровень развития общества, показатели качества жизни человека напрямую зависят от ритмичности и объемов энергообеспечения. Столь тесная взаимообусловленность существования создаваемых людьми энергетических, материальных и духовных ценностей требует развития определенной культуры потребления энергии, которая должна выражаться в рациональном (эффективном) использовании топливно-энергетических ресурсов. Рациональное энергопотребление здесь следует понимать как принцип расходования энергоресурсов, когда соблюдаются все необходимые ограничения и нормативы. В этом случае культуру энергосбережения следует определить как одну из форм организации деятельности и повседневной жизни, когда мы не только знаем, но и выполняем все необходимые ограничения по энергопотреблению.

К настоящему времени разработано и введено в действие значительное количество как нормативной, так и технической документации по энергосбережению, где и сформулированы основные нормативы и ограничения по энергопотреблению. На федеральном уровне нормативно-технические документы разрабатываются Минтопэнерго РФ, уполномоченным организовывать и проводить государственный надзор за эффективным использованием энергетических ресурсов, также и другими федеральными органами исполнительной власти, от которых во многом зависит уровень потребления энергетических ресурсов (строительство,

жилищно-коммунальное хозяйство, стандартизация и др.). К таким документам относятся государственные стандарты: строительные нормы и правила (СНиП), инструкции, правила учета или пользования и др.

В соответствии с договорами по разграничению предметов ведения и полномочий между органами государственной власти России и органами государственной власти субъектов России, последние имеют право разрабатывать региональные нормативно-технические документы, которые обычно называются региональными нормами по энергосбережению.

Существуют основные ограничения (принципы) при расходовании энергоресурсов [16], которые каждый должен не только знать, но и руководствоваться ими в своей жизни.

1. При использовании энергии следует руководствоваться нормативами ее потребления, учитывая удельные расходы на производимую продукцию или предоставляемую услугу. При этом весьма полезной будет информация о нормативах на конкретный вид данной услуги – в среднем по России, по региону, а также о лучших достижениях.

2. При покупке любой вещи (холодильника, чайника, телевизора и т.д.) следует обращать внимание не только на то, сколько вещь стоит и как она выглядит, но и какое у нее потребление энергии (в кВт · ч, в литрах бензина на 100 км и т.д.). Это позволит сделать расчет затрат на эксплуатацию этой вещи до того, как вы ее приобрели, и сопоставить с другими возможными вариантами выбора.

3. В настоящее время многие категории потребителей (население, сельхозпредприятия и т.д.) пользуются льготными тарифами на электрическую и тепловую энергию. Есть правило, что государственная или другая иная поддержка кому-либо обеспечивается при выполнении определенных условий использования энергетических ресурсов потребителем. Например, населению льготный тариф предоставляется только на определенный объем потребления электроэнергии на человека в месяц. В зависимости от региона России такие требования могут отличаться.

4. Одно из основных требований любого потребления энергоресурсов – это своевременная их оплата за календарный срок. Как правило, таким сроком определен месяц. В соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации, другими нормативными актами, а также с договорными обязательствами, в случае систематического нарушения этого правила потребителем (более чем 2 – 3 раза подряд) ему может быть отказано в дальнейшем предоставлении услуги по энергосбереже-



нию. Соответственно, в случае, если энергоснабжающая организация не выполняет своих обязанностей перед потребителем, она также должна нести за это ответственность.

5. В каждой организации, да и в семье следует разрабатывать программу (перечень мероприятий) по экономии потребления энергоресурсов. Такие программы есть на федеральном уровне – федеральная целевая программа «Энергосбережение России», есть такие программы в каждом регионе нашей страны, есть они и в муниципальных образованиях, во многих организациях. Должны они быть и у населения, в том числе и в виде памяток по экономии энергии в повседневной жизни при обеспечении необходимого уровня благ.

6. Еще одно обязательное правило – это обеспечение условий резервирования основных видов используемых топлив и энергии. В городской квартире трудно предусмотреть полноценный резерв, но иметь в запасе хотя бы две-три свечи, которыми можно было бы пользоваться при нарушении электроснабжения, целесообразно и необходимо. В собственном доме, на даче, в садовом домике такой резерв должен быть всегда (запас дров для отопления, солнечный нагреватель воды, те же свечи и т.д.). При строительстве новых домов следует обязательно обращать на это внимание.

7. Согласно Федеральному закону «Об энергосбережении», в России с 2000 г. вводится организация обязательного учета всех объемов добываемых, транспортируемых, хранимых и потребляемых энергетических ресурсов. Выполнить это требование в стране, в которой всегда считалось, что топлива у нас бесконечные запасы, цены на энергию были, да и сейчас остаются для ряда категорий потребителей ниже ее себестоимости, весьма проблематично. Но каждый должен знать об этом требовании и настраивать себя на то, что выполнение его необходимо и, в конце концов, станет обязательным.

8. Следует знать, что в нашей стране существует государственный контроль за эффективным использованием энергетических ресурсов. Как уже указывалось, в целом по стране правительством поручены эти функции Министерству топлива и энергетики РФ. При этом органе государственной власти есть Департамент госэнергонадзора и энергосбережения. В каждом регионе имеются территориальные государственные учреждения Госэнергонадзора. В Свердловской области – это Свердловскэнергонадзор. В данной организации можно получить необходимые консультации по рациональному использованию энергии, узнать, в каком нормативном документе это изложено, где в регионе есть

положительный опыт рационального использования энергии, который вам мог бы оказаться полезным. Еще одним органом государственного регулирования в области энергопотребления и энергосбережения в регионах является областная (региональная) энергетическая комиссия. Данный орган исполнительной власти законодательно наделен полномочиями принятия в рамках своей компетенции решений по проблемам энергопотребления, энергосбережения, которые будут обязательными для всех физических и юридических лиц данного региона. Кроме того, в каждом муниципальном образовании имеется местная энергетическая комиссия, которая в пределах своей компетенции также регламентирует тарифы на энергию для муниципальных организаций, работу по энергосбережению, созданию демонстрационных зон высокой энергетической эффективности и др.

9. Одно из назначений всех перечисленных выше государственных инстанций – создание условий в рамках существующего законодательства, которые бы вынуждали производителей, поставщиков и потребителей энергии эффективно использовать энергоресурсы. При этом, конечно же, надо помнить, что каждый из нас – потребитель энергии, и не только на производстве, в школе, но и дома, в любой момент своей повседневной жизни.

10. Конечным результатом требуемого отношения к потреблению энергии должно стать правило, чтобы в нашей стране ежегодно снижался удельный расход энергии на рубль прироста валового внутреннего продукта (ВВП) в целом по каждому муниципальному образованию, региону и по России в целом. Кстати, такой показатель состояния нашей экономики в качестве обязательного не введен до сих пор.

11. Все перечисленные здесь и другие ограничения по энергопотреблению должны быть не в ущерб здравому смыслу и не должны снижать уровень благосостояния населения страны, региона, каждого населенного пункта.

В заключение хотелось бы отметить, что проблема рационального энергоиспользования является высшим видом деятельности в повседневной жизни каждого из нас уже в настоящее время. Для будущих поколений культура энергосбережения будет обозначать много больше и займет определяющее место в образовательном процессе подрастающих поколений.

## Глава 7

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

#### **7.1. Основные особенности энергосберегающих проектов**

Эффективное управление энергосберегающими проектами предполагает необходимость их структуризации (классификации), чтобы в дальнейшем можно было устанавливать общие закономерности развития данных проектов, их различия и механизмы реализации. При классификации энергосберегающих мероприятий обнаруживается, что *их осуществление возможно практически в любой области человеческой деятельности*, так как любая деятельность связана с потреблением или преобразованием энергии (как следует из закона сохранения энергии). Чаще всего в литературе встречаются попытки систематизации энергосберегающих проектов по отраслевому признаку (т.е. проекты, осуществляемые в энергетике, черной металлургии и т.п.). Недостаток такой классификации – необходимость дополнительного введения межотраслевых проектов (например, установка приборов учета должна производиться на предприятиях каждой отрасли и в коммунально-бытовом секторе).

Классификация энергосберегающих проектов – это попытка систематизировать технические мероприятия и проекты по стадиям процесса производства и потребления энергии, а организационные мероприятия, ведущие к сбережению энергоресурсов, – по масштабу воздействия.

#### **Примеры организационных мероприятий**

##### **• на уровне страны:**

- организация деятельности по экономии энергоресурсов в масштабах страны в целом (например, создание федеральной энергетической комиссии и региональных агентств по энергосбережению);
- обсуждение и принятие федеральных законов в области энергосбережения;

- **на уровне региона (области) и города:**

- соответствующие законодательные акты, стимулирующие участие в энергосберегающих проектах как производителей и потребителей энергии, так и потенциальных инвесторов;

- реорганизация структуры и функций областной энергетической комиссии;

- разработка и принятие нормативов энергопотребления для новых и реконструируемых зданий;

- организация обучения работников энергохозяйства всех уровней основам энергоаудита и энергоменеджмента и др.;

- **на уровне предприятия:**

- организация и проведение энергетического аудита, а также постановка регулярного энергетического менеджмента с учетом зарубежного опыта;

- реорганизация (при необходимости) энергетической службы предприятия в целях повышения эффективности ее функционирования.

Как правило, **организационные мероприятия по энергосбережению не требуют значительных капиталовложений** и, следовательно, являются гораздо более экономически эффективными, чем технические мероприятия, при осуществлении которых часто необходимо затрачивать крупные денежные и трудовые ресурсы. Кроме того, затраты времени на проведение организационных мероприятий по энергосбережению чаще всего меньше, чем срок осуществления технического проекта (модернизации, реконструкции или сооружения новой установки).

Конечно, любая классификация реальных объектов, в том числе и энергосберегающих, достаточно условна, так как при реализации практически любого проекта в области энергосбережения приходится решать массу вопросов как технического, так и организационного плана. Например, проекты установки **автономных источников энергоснабжения** на промышленных предприятиях в силу повышенной капиталоемкости можно отнести к техническим проектам, хотя в процессе их осуществления, безусловно, будет необходима масса организационных изменений как во внутренней, так и во внешней среде предприятия (например, в организационной структуре отдела главного энергетика, в договорных взаимоотношениях с поставщиками сырья и потребителями). Коренным образом изменяется рыночная позиция такого предприятия, так как из покупателя энергии оно превращается в производителя, а зачастую и в поставщика энергии, диверсифицируя таким образом свою продукцию и увеличивая объем сбыта.

Отметим следующие характерные черты большинства энергосберегающих проектов.

*Энергосберегающие проекты обычно реализуются на уже существующих предприятиях*, в этом случае необходимо по возможности органично «вписать» проект в организационную и производственную структуры предприятия, добиться поддержки руководства в осуществлении энергосберегающих мероприятий, предусмотреть обучение персонала и убедить его в необходимости и важности проекта. При подготовке бизнес-плана или технико-экономического обоснования при осуществлении проекта на существующем предприятии понадобится подробная информация, характеризующая его производственный потенциал, кадровое обеспечение и финансовое состояние.

*Чаще всего проекты в области энергосбережения имеют небольшую стоимость* (до 500 тыс. долл.), в то время как финансовые международные организации (Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития) предпочитают осуществлять прямые инвестиции в крупные проекты. Например, у ЕБРР минимальная величина стоимости проекта – 5 млн долл.

Значительное количество энергии может быть сэкономлено за счет осуществления так называемых «беззатратных» организационных проектов и мероприятий, связанных с улучшением эксплуатации оборудования, изменением организационной структуры предприятия, сокращением штатов, наведением элементарного порядка. На многих предприятиях такие перемены воспринимаются болезненно, но очень часто они необходимы и для получения кредита.

*Большинство энергосберегающих проектов на стадии производства энергии напрямую связано с улучшением экологической обстановки*. Поэтому при оценке таких проектов часто предлагается учитывать некоммерческую эффективность (иногда не в стоимостных, а в натуральных показателях, например уменьшение выбросов оксидов азота и серы, в т/год и т.п.). Данная особенность обуславливает определенную роль государства и субъектов Федерации в финансовой поддержке энергосберегающих проектов, в предоставлении им льготных кредитов, налоговых льгот и гарантий правительства.

Энергосберегающие проекты кроме низких затрат характеризуются *достаточно небольшим периодом их освоения и быстрой окупаемостью* по сравнению с традиционным строительством новых энергетических объектов: энергосберегающие проекты в среднем в 5 раз

менее капиталоемки и имеют в 4 – 5 раз меньшие сроки освоения, чем проекты строительства новых энергоустановок той же мощности. Поэтому при альтернативе – расширение действующих мощностей или энергосбережение – производители будут выбирать последний вариант, характеризующийся более низкими затратами и меньшими сроками осуществления, при условии включения затрат на энергосбережение в тарифы или при наличии других льгот.

Осуществление энергосберегающих мероприятий, в отличие от многих других инвестиционных проектов имеет результатом не дополнительную выручку, а *экономия, величину которой рассчитать часто бывает нелегко*. Неоднозначность понятия «экономия» подчас является причиной неосуществления, казалось бы, успешных проектов.

**Финансирование энергосберегающих проектов** в российской практике осуществляется с использованием следующих источников средств [20, 24, 25]:

**Первая группа** – бюджетные средства, выделяемые Федеральным правительством и распределяемые Министерством финансов России. При формировании федеральной инвестиционной программы Министерство финансов совместно с Министерством экономики и Министерством топлива и энергетики выделяют бюджетные ассигнования для энергосберегающих проектов, имеющих государственную важность и включенных в подпрограмму «Энергосбережение России» федеральной целевой программы «Топливо и энергия».

**Вторая группа** – бюджетные средства регионов-субъектов Российской Федерации, средства местных органов управления, внебюджетные фонды энергосбережения, создаваемые в регионах.

**Третья группа** – средства предприятий, коммерческих банков (российских и зарубежных), финансово-промышленных групп, паевых инвестиционных фондов. Специализированных фондов энергосбережения и др.

При реализации энергосберегающих проектов с участием иностранных инвесторов основным заемщиком, как правило, выступает Министерство финансов России, заключающее договоры перекредитования с конечными заемщиками. Необходимость перекредитования связана с высоким риском инвестирования в российские предприятия. Обязательным условием субзайма является наличие договора поручительства между администрацией соответствующего субъекта Федерации и Министерством финансов России.

В настоящее время Минтопэнерго может выступать поручителем по обязательствам, связанным с возмещением затрат российских и зару-

бежных инвесторов при реализации энергосберегающих проектов в демонстрационных зонах, т.е. выполнять те же функции, что и Министерство финансов.

Финансирование, обычно предполагаемое крупными западными банками (такими, как Всемирный банк или ЕБРР) – проектное финансирование – прямые инвестиции в крупные проекты (например, строительство крупной котельной) предполагает следующие условия:

- гарантия возврата кредита (обычно имущество заемщика);
- поручительство администрации субъекта Федерации;
- гарантия на право владения или долгосрочной аренды земли под строящимся энергетическим объектом;
- гарантия по долгосрочной поставке топлива с фиксированными принципами формирования его цены;
- частичное финансирование проекта за счет собственных средств заемщика;
- кредитная линия – разбиение одного большого займа на несколько мелких, передаваемых организацией-посредником (обычно российским банком) конечным заемщикам.

Реализация энергосберегающих проектов в Российской Федерации обычно сопряжена с рядом трудностей, часть которых характерна для любых инвестиционных проектов в нашей стране и связана с общим инвестиционным климатом, а часть – только с энергосберегающими проектами из-за технологических особенностей процесса производства и передачи энергии. Среди трудностей общего плана можно выделить:

- **несовершенство нормативно-правовой базы** на федеральном и региональном уровне по привлечению инвестиций в энергосбережение и по стимулированию участников энергосберегающих мероприятий;

- **трудности преодоления традиционного менталитета** многих руководителей промышленных предприятий, сохранившегося со времен централизованной экономики, нехватка знаний в области финансового планирования и оценки эффективности производства, в том числе и с точки зрения его энергоемкости. Управленческие решения, построенные на современных концепциях эффективности, направленные на улучшение эксплуатации оборудования и укрепления трудовой дисциплины, могут привести к сбережению энергии при незначительных капитальных затратах и даже без них;

- **неплатежи как массовое явление** в совокупности с несовершенным законодательством о банкротстве позволяют даже в условиях за-

метного роста цен на топливо и энергию не заниматься энергосбережением, так как натуральная форма взаимозачетов не позволяет работать рыночным механизмам воздействия на объем потребляемой энергии;

- **незаинтересованность зарубежных партнеров** в инвестировании средств в энергосберегающие проекты из-за отсутствия гарантий и механизма возврата средств.

Специфические сложности реализации энергосберегающих проектов:

- **неразвитость отечественного рынка энергосберегающих технологий**, приводящая к необходимости приобретения дорогостоящего импортного оборудования, что, естественно, уменьшает эффективность проектов;

- **недостаточная экономическая заинтересованность** руководителей энергопотребляющих предприятий в обновлении устаревших энергоемких технологий, которое требует значительных инвестиций. Предприятия, находящиеся в сложном финансовом положении, не имеют средств для проведения энергосберегающих мероприятий, а финансовые институты неохотно предоставляют кредиты таким предприятиям в первую очередь потому, что они не могут доказать свою финансовую состоятельность;

- **низкая заинтересованность в энергосбережении (в частности, экономии топлива)** руководителей энергопроизводящих предприятий. Ценообразование в крупных энергосберегающих организациях до сих пор основано на методе «издержки плюс» и не стимулирует сокращение топливных затрат. Производители энергии мало заинтересованы в проведении энергосберегающих мероприятий как на собственных объектах, так и у потребителей;

- **при транспортировке теплоэнергии затруднено обнаружение утечек** (составляющих, по оценкам Международного энергетического агентства, до 17%) из-за отсутствия измерительных приборов во всех звеньях системы;

- **незаинтересованность в сбережении теплоэнергии и воды коммунально-бытовых потребителей**, так как расходы на отопление и водоснабжение жилого сектора соответственно вычисляются из расчета проектных затрат энергии на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья и количество жильцов (вместо того чтобы основываться на реальном потреблении) и включаются в квартирную плату. При таком механизме жильцы не только не заинтересованы в экономии потребления, но и не в состоянии это делать, так как батареи в квартирах не снабжены регуляторами;



- *нет четко разработанной скоординированной системы* материальной и личной заинтересованности в установке оборудования для регулирования температуры в квартирах и домах;

- *расходы на отопление и освещение в бюджете отдельной семьи пока невелики*, что связано, с одной стороны, с сохранением системы льготных тарифов и дотаций населению, а с другой стороны – относительно низкой оснащенностью жителей различными бытовыми электроприборами (по сравнению со странами Запада).

Как показывает практика зарубежных энергокомпаний, энергосбережение у потребителей может выступать как самостоятельный высокодоходный бизнес, приносящий реальную прибыль и производителям, и потребителям энергии. Для реализации проектов проведения энергосберегающих мероприятий у потребителей необходим четкий порядок, регламентирующий включение затрат на энергосбережение в себестоимость продукции и стимулирующий сокращение энергетических (в том числе топливных) затрат как у потребителей, так и у производителей энергии.

При внедрении энергосберегающих проектов необходимо учитывать *своеобразие сложившейся ситуации на рынке энергии*. Так, при реализации проектов установки систем *автономного энергоснабжения* предприятиям становится действительно выгодно отказываться от услуг централизованного энергоснабжения (особенно это касается теплоснабжения). Объективной основой для реализации таких проектов являются следующие недостатки существующей системы централизованного теплоснабжения:

- меньшая надежность по сравнению с автономным теплоснабжением: при авариях централизованных теплосетей без теплоэнергии может остаться значительно большее количество потребителей, чем при аварии автономной котельной;

- большая протяженность централизованных тепловых сетей ведет к существенным тепловым потерям при передаче тепла и к потерям с утечками, что приводит к удорожанию тепловой энергии;

- сложившаяся в настоящее время ситуация неравномерного распределения тарифов между различными категориями потребителей приводит к завышенным тарифам для ряда промышленных потребителей.

## 7.2. Методы и критерии экономической оценки энергосберегающих проектов

В условиях рыночной экономики решающим условием финансовой устойчивости любого предприятия считается эффективность вложения капитала в тот или иной инвестиционный проект.

Предприятие может преследовать различные цели при принятии решений об инвестировании проекта. Как правило, главная цель – прибыльность инвестиций, соответствующая заранее установленному минимуму (норме рентабельности, прибыльности) или превышающая его.

Типичная модель принятия и осуществления инвестиционных решений, в том числе в энергосберегающие и малоотходные технологии, включает следующие стадии [18]:

- поиск проектов;
- формулировку, первичную оценку и отбор проектов;
- экономический анализ и окончательный выбор;
- осуществление;
- мониторинг проекта и послеинвестиционный контроль.

Поскольку капитальные вложения всегда ограничены финансовыми возможностями предприятия, а достижение результата отдалено во времени, возникает необходимость планирования инвестиционных решений и оценки экономической эффективности посредством разработки инвестиционного проекта.

Важная часть инвестиционного планирования малоотходных и ресурсосберегающих проектов – создание и оценка моделей принятия решений. Модель представляет собой упрощенное изображение действительности. Математическая модель принятия решения содержит следующие элементы:

- цели;
- альтернативы;
- состояние внешней среды;
- функции результативности.

Модели принятия решений классифицируются на основе проявления элементов модели. Классификацию можно проводить:

- по состоянию внешней среды и функциям результативности;
- по варианту действия;
- по уровню цели;
- по аспекту времени.

Степень обеспеченности информацией о состоянии внешней среды и функциях результативности порождает ситуации определенности, риска, неопределенности и неясности.

Относительно вариантов действий различают модель принятия единичных и модель программных решений. В модели первого типа вариант действий сравнивается с одной альтернативой: сопоставляются несколько взаимоисключающих действий. Количество альтернатив в этом случае конечно. Если альтернатива одна, это означает осуществление инвестиций или отказ от них (абсолютная эффективность), если несколько, то речь идет и о выборе вариантов инвестиций (относительная эффективность). Различные сроки эксплуатации инвестиций представляют собой варианты действий в инвестиционных моделях.

В модели принятия программных решений имеется возможность одновременно реализовать несколько вариантов.

Относительно уровней цели выделяют модели, учитывающие только одну, и модели, включающие несколько целевых функций, для которых устанавливаются отношения приоритетности и рассчитываются функции полезности.

По аспекту времени модели различаются по числу и виду учитываемых периодов и срокам осуществления действий. Модели, учитывающие один промежуток времени, называются статическими, а несколько промежутков времени – динамическими. В свою очередь, динамические, учитывающие состояние неопределенности, могут быть гибкими, если принимаемые решения представляют собой следствия воздействия внешних факторов и жесткими – без реакции на внешние факторы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видим, технологии в энергетике – понятие весьма емкое, а расширенное его толкование на сегодня – не выдумка кого-либо, а отражение объективного процесса тотального распространения энергетики на все стороны современной жизни; буквально – каждый шаг человека в современном обществе сопровождается энергетическими процессами. В рамках изложения дисциплины, по которой готовятся специалисты по инженерной защите окружающей среды, мы показали, что получение энергии – это тоже технологии, причем пока еще сопровождаемые весьма серьезными выбросами в окружающую среду.

Решение глобальной проблемы обеспечения малоотходности энергетических технологий следует рассматривать на нескольких уровнях. Прежде всего – это выбор *основных* технологий получения энергии из энергетического ресурса: они различны по своей эффективности, и, следовательно, в каждом конкретном случае и конкретных условиях должна выбираться по возможности самая эффективная. Далее, любая из основных технологий принципиально может быть снабжена самыми различными *дополнительными* технологиями (подготовки топлива, предочистки производственных материалов и сред, очистки сбрасываемых в окружающую среду потоков воздуха (газов), воды (растворов), тепловых и других потоков). Этому пока уделялось достаточное внимание только на крупных и передовых предприятиях, а задача специалиста по защите окружающей среды – обеспечить распространение этого опыта на множество других энергетических объектов и систем. Сочетание основных энергетических технологий и дополнительных – предмет для системного анализа, который должен обеспечить их совместимость и комплексную оптимальность.

Следующий уровень рассмотрения проблемы снижения отходов энергетики – это аспект всеобъемлющего энергоресурсосбережения. Уже само по себе сокращение потребления любого вида конечной энергии означает меньшее его производство и, следовательно, ведет к меньшему экологическому воздействию. Продвижение энергосбережения – сложная и многоплановая проблема, включающая в себя многие аспекты – от политических до технологических. Как это видно из дан-

ной книги, дело не в том, что малоотходных технологий нет в принципе, а в том, что они пока не востребованы.

Общественное сознание пока еще сохранило ряд обыденных ложных стереотипов по поводу энергопотребления: «На наш век хватит», «Мы платим из своего кармана, поэтому имеем право тратить энергии сколько захотим» и т.п. Уже сейчас необходимо понять, что цена складывается не только из материальных затрат, но и из моральных и нравственных ценностей, которые мы привыкли пускать на ветер. Стереотип «богатой ресурсами страны», который долгое время внедрялся в психику, привел к ненужной сегодня бравате расточительства. Мы уже давно должны считать, сколько и каких ресурсов тратим. Это уже нравственный долг и обязанность перед будущим.

Очень важно сформировать совершенно другое мышление энергопотребления, которое можно выразить так:

- будущее наших детей и внуков зависит от того, что мы им оставим в наследство;
- энергоресурсы ограничены самой природой, цена на них высока и будет постоянно расти;
- мы платим не только за то, что потребляем, но и за то, что расходует;
- производители заботятся о нас, когда производят энергосберегающие товары и услуги;
- затраты на все виды энергии оплачивает в конечном итоге потребитель, т.е. каждый человек.

Осознавая как важность, так и сложность заявленной задачи и понимая, что формирование общественного сознания – дело не сиюминутное, требующее долгого времени и многих усилий, авторы данной дисциплины видели свой вклад в ее решение в достаточно полном и доходчивом изложении вопросов снижения отходов, повышения эффективности энергетических технологий, а также вопросов нормативно-правового обеспечения энергосбережения.

Картина была бы неполной без рассмотрения роли *альтернативных* технологий, материал по которым изложен в гл.4. Конечно, приходится согласиться с тем, что ни в одной стране мира эти технологии пока не заняли значительного места (несмотря на серьезные льготные условия, реально созданные в ряде стран для внедрения альтернативных технологий, например в США, доля выработки энергии этими установками фактически не превысила 1 – 2%). Но ведь это уже десятки и сотни реально работающих установок. Их незначительная роль в энергетиче-

ских балансах многих стран объясняется тем, что пока экономические факторы складываются таким образом, что эти установки не стали *масштабно применимыми*. Но никто не даст гарантии, что уже буквально через год или два те же экономические факторы не сложатся так, что подобные установки найдут более широкие масштабы применения. Альтернативные технологии имеют свои экологические трудности в применении, а тем более в широком распространении, однако эти трудности совершенно другого порядка по сравнению с описанными нами проблемами глобальных загрязнений *большой* энергетики, базирующейся на использовании огромного количества ископаемых (невозобновляемых) ресурсов. Следует заметить, что некоторые из этих технологий уже нашли свою нишу внутри действующих традиционных систем энергетики. Но все-таки главная надежда человечества на альтернативную энергетическую технологию связывается с тем, что она должна использовать возобновляемый ресурс и не должна загрязнять окружающую среду.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСКУЭ	–	автоматическая система коммерческого учета электроэнергии
АТО	–	аппарат термического обессоливания
АЭС	–	атомная электростанция
ВВП	–	внутренний валовой продукт
ВИЭ	–	возобновляемые источники энергии
ВНП	–	валовой национальный продукт
ВЭС	–	ветровая электрическая станция
ВЭУ	–	ветровая энергетическая установка
ГеоТЭС	–	геотермальная тепловая электростанция
ГТУ	–	газотурбинная установка
ГЭН	–	Госэнергонадзор
ДЭЗ	–	дирекция по эксплуатации зданий
ЖКХ	–	жилищно-коммунальное хозяйство
ЖЭК	–	жилищно-эксплуатационная контора
ЖЭУ	–	жилищно-эксплуатационное управление
ИТ	–	информационные технологии
ИТП	–	индивидуальный тепловой пункт
МНИЭ	–	Министерство нетрадиционных источников энергии (в Индии)
МСЗ	–	мусоросжигательный завод
МТС	–	мобильные тепловые станции
МЭА	–	международное энергетическое агентство
НПТ	–	низкопотенциальная теплота
НТР	–	научно-техническое развитие
ОДК	–	оперативный дистанционный контроль
ОЭСР	–	организация экономического сотрудничества и развития
ПГУ	–	парогазовая установка
ПТЭ	–	правила технической эксплуатации
ПУЭ	–	правила устройства и эксплуатации
ПЭ	–	показатель энергоэффективности
РЭК	–	региональная энергетическая комиссия
ТБО	–	твердые бытовые отходы
ТВЭЛ	–	тепловыделяющие элементы

ТНУ	–	теплонасосная установка
ТСЖ	–	товарищество собственников жилья
ТЭК	–	топливно-энергетический комплекс
ТЭР	–	топливно-энергетические ресурсы
ТЭС	–	тепловая электростанция
ТЭЦ	–	теплоэлектроцентраль
УГЗ	–	утилизатор газовых загрязнителей
УГЗО	–	установка гранулирования золых отходов
ФОРЭМ	–	федеральный оптовый рынок электроэнергии (мощности)
ФЭК	–	федеральная энергетическая комиссия
ЦТП	–	центральный тепловой пункт
ЭАПК	–	экологический агропромышленный комплекс
ЭО	–	энергетическое обследование



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н.* Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций: Учебник для вузов / Под ред. П.С. Непорожного. – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
2. *Энергетика и охрана окружающей среды* / Под ред. Н.Г. Залогина, Л.И. Кроппа и Ю.М. Кострикина. – М.: Энергия, 1979. – 352 с.
3. *Литвак В.В., Силич В.А., Яворский М.И.* Региональный вектор энергосбережения. – Томск: STT, 1999.
4. *Федеральный закон «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 03.04.96.*
5. *Временное положение о проведении энергетических обследований организаций.* – М.: Минтопэнерго РФ, 1996.
6. *Богословский В.Н.* Тепловой режим здания. – М.: Стройиздат, 1979.
7. *Федеральная целевая программа «Энергосбережение России» (1998 – 2005 гг.).* – М., 1997.
8. *Энергетическая политика Российской Федерации: Обзор.* – Международное энергетическое агентство, 1995. – 347 с.
9. *World Energy Outlook.* – International Energy Agency, 1996. – 310 с.
10. *Бушуев В.В.* Энергоэффективность как направление новой энергетической политики России // Энергосбережение. – М., 2000. – № 4.
11. *Синяк Ю.В.* Энергосбережение и экономический рост // Энергоэффективность. – Нижний Новгород, 2000. – № 3.
12. *Ливинский А.П.* Итоги и перспективы реализации федеральной целевой программы «Энергосбережение России» // Энергосбережение. – М., 2000. – № 4.
13. *Введение в энергосбережение: Пособие для студентов.* – Екатеринбург, 1999.
14. *Бахирева Г.М.* Получение тепловой энергии на основе биотоплива с применением МТС // Энергосбережение. – М., 1999. – № 6.
15. *Наместников В.В., Кривенко И.В. и др.* Переработка осадков городских сточных вод в топливо // Энерго. – 2000. – № 1.
16. *Данилов Н.И. и др.* Энергосбережение: Введение в проблему: Учебное пособие для учащихся общеобразовательных и средних профессиональных учреждений. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2001. – 208 с.
17. *Энергосбережение в учреждениях РАН: Сборник научно-практических и методических материалов / Под общ. ред. В.Е. Фортова.* – М.: Амипресс, 2001. – 144 с.
18. *Кожевников Н.Н., Чинакаев Н.С., Чернова Е.В.* Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение: Пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 132 с.
19. *Твайделл Дж., Уэйр А.* Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

20. Федяев А.В., Федяева О.Н. Комплексные проблемы развития теплоснабжающих систем. – Новосибирск: Наука, 2000. – 256 с.
21. Губин В.Е., Косяков С.А. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 123 с.
22. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Гительман Л.М., Лекомцева Ю.Г. Экономический механизм региональной энергетической политики. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 255 с.
23. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу. Официальная информация Минэнерго РФ. – М., 2002. – 64 с.
24. Чернышев Л.Н. Страна готовится к зиме // Энергосбережение. – 2001. – № 5. – С. 6 – 9.
25. Гаврилин А.И., Косяков С.А., Литвак В.В. и др. Азбука энергосбережения. – Томск: Изд-во «Курсив плюс», 1999. – 96 с.
26. Энергосбережение по-томски: Сборник статей, докладов и выступлений / Под ред. В.Н. Уйманова. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2001. – 204 с.
27. Нормативно-правовая база энергообеспечения и энергосбережения в Томской области 1997 – 2001 гг.: Сборник документов. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2001. – 216 с.
28. Данченко А.М., Задде Г.О., Земцов А.А. и др. Кадастр возможностей / Под ред. Б.В.Лукутина. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 280 с.
29. Литвак В.В. Основы регионального энергосбережения (научно-технические и производственные аспекты). – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 300 с.
30. Канаев А.А. От водяной мельницы до атомного двигателя. – М.: Машгиз, 1957. – 235 с.
31. Соболев Я.Г. Ветроэнергетика в условиях рынка (1992 – 1995 гг.) // Энергия: Экон., техн., экол. – 1995. – № 11.
32. Харитонов В.П. Особенности развития мировой ветроэнергетики // Энергосбережение. – 2001. – № 3.
33. Плотников Д.В., Харитонов В.П. Перспективы использования ветроэлектрических установок в 21 веке // Энергосбережение. – 2001. – № 1.
34. Алексеев Б.А. Международная конференция по ветроэнергетике // Электрические станции. – 1996. – № 2.
35. Безруких П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики // Энергия: Экон., техн., экол. – 1995. – № 8.
36. Бозулавский Э.И., Виссарионов В.И., Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Условия эффективности и комплексного использования геотермальной солнечной и ветровой энергии // Международный симпозиум «Топливо-энергетические ресурсы России и др. стран СНГ». – СПб., 1995.
37. Дьяков А.Ф., Прокуроров Н.С., Перминов Э.М. Калмыцкая опытная ветровая электростанция // Электрические станции. – 1995. – № 2.
38. Логинов В.Б. Новак Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1995. – № 1.
39. Селезнев И.С. Состояние и перспективы работ МКБ «Радуга» в области ветроэнергетики // Конверсия в машиностроении. – 1995. – № 5.
40. Соломатов В.В. // Известия ТПУ. – 2002. – Т. 305. – Вып. 2. – С. 101 – 107.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
<b>Глава 1. Роль энергетических процессов в общем антропогенном воздействии на окружающую среду.....</b>	<b>7</b>
1.1. Общее антропогенное воздействие технологий на окружающую среду.....	7
1.2. Энергетика как фактор загрязнения окружающей среды.....	13
1.3. Источники данных и условия сравнения показателей энергопроизводства.....	18
1.4. Энергопроизводство и энергопотребление развитых стран.....	20
1.5. Контроль состава и состояния окружающей среды.....	22
<b>Глава 2. Энергосбережение как часть государственной политики России.....</b>	<b>24</b>
2.1. Проблемы энергетики России.....	24
2.2. Взаимоотношения поставщиков и потребителей энергии.....	33
2.3. Энергосбережение – часть государственной политики России.....	40
2.4. Нормативно-правовая база энергосбережения.....	46
2.4.1. Энергетическая политика России.....	46
2.4.2. Нормативно-правовая база энергосбережения.....	49
2.4.3. Мировой опыт энергосбережения.....	54
2.5. Потенциал энергосбережения.....	56
2.6. Управление спросом на энергию.....	59
<b>Глава 3. Энергетические обследования предприятий и организаций для обоснования совершенствования технологий.....</b>	<b>65</b>
3.1. Общие положения.....	65

3.2. Особенности энергетических предприятий как объектов энергетического обследования .....	67
3.3. Научные и методические принципы проведения энергетических обследований энергетических предприятий.....	69
3.4. Документы, регламентирующие порядок проведения энергетических обследований.....	71
3.5. Показатели энергоэффективности .....	75
3.6. Паспорт энергетического хозяйства предприятия.....	76
3.7. Обобщенный регламент проведения комплексных энергетических обследований.....	82
3.8. Становление и развитие энергоаудиторских фирм .....	86
3.9. Анализ энергетического баланса компании как основа реинжиниринга бизнес-процессов энергетических компаний .....	87
3.10. Основные положения и принципы реинжиниринга для энергетических компаний.....	89
<b>Глава 4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.....</b>	<b>93</b>
4.1. Солнечная энергия .....	95
4.1.1. Общие положения .....	95
4.1.2. Нагревание воды солнечным излучением.....	98
4.1.3. Другие применения солнечной энергии.....	101
4.2. Ветроэнергетика .....	107
4.2.1. История ветроэнергетики .....	107
4.2.2. Принципы использования энергии ветра.....	109
4.2.3. Классификация ветроустановок.....	114
4.2.4. Перспективы использования ВЭУ .....	122
4.2.5. Минусы ветроэнергетики .....	130
4.2.6. ВЭС с точки зрения экологии .....	132
4.3. Геотермальная энергия .....	134
4.4. Энергия волн.....	135
4.5. Энергия приливов.....	136
<b>Глава 5. Снижение вредного воздействия энергетических процессов на окружающую среду .....</b>	<b>138</b>
5.1. Снижение выбросов окислов серы на теплоэлектростанциях .....	138
5.1.1. Сера в топливе и удаление серы на нефтеперерабатывающих заводах .....	138

5.1.2. Переработка сернистых топлив перед сжиганием на ТЭС.....	139
5.1.3. Очистка продуктов сгорания от окислов серы.....	142
5.2. Снижение выбросов окислов азота на тепловых электростанциях .....	148
5.2.1. Образование окислов азота при горении топлива.....	148
5.2.2. Способы снижения содержания окислов азота в продуктах сгорания .....	149
5.3. Золоулавливание на тепловых электростанциях .....	153
5.3.1. Характеристики летучей золы.....	153
5.3.2. Основы теории золоулавливания.....	154
5.3.3. Инерционные золоуловители.....	154
5.3.4. Мокрые золоуловители.....	155
5.3.5. Электрофильтры.....	156
5.4. Экологически перспективная ТЭС .....	159
<b>Глава 6. Эффективные энергосберегающие технологии .....</b>	<b>165</b>
6.1. Состояние систем теплоснабжения России .....	165
6.1.1. Источники тепловой энергии .....	169
6.1.2. Тепловые сети.....	171
6.1.3. Потребители тепловой энергии.....	174
6.2. Повышение энергетической эффективности региона.....	177
6.3. Примеры внедрения энергосберегающих технологий....	182
6.3.1. Энергосберегающие технологии в зданиях и сооружениях .....	182
6.3.2. Современные энергоэффективные технологии .....	203
6.4. Принципы рационального использования энергии и ресурсов.....	231
<b>Глава 7. Экономическая эффективность энергосберегающих технологий .....</b>	<b>235</b>
7.1. Основные особенности энергосберегающих проектов.....	235
7.2. Методы и критерии экономической оценки энергосберегающих проектов.....	242
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>244</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....</b>	<b>247</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>249</b>

*Губин Владимир Евгеньевич  
Косяков Сергей Алексеевич*

**МАЛООТХОДНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

*Учебное пособие*

Редактор *Э.Д.Бербенец*  
Верстка *Д.В.Фортес*

Налоговая льгота по К-ОКП ОК-005-93, код продукции 953700

---

Изд. лиц. ИД № 04000 от 12.02.2001. Подписано к печати 20.12.2002.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Усл. п. л. 14,65. Уч.-изд. л. 16,41. Тираж 500 экз. Заказ №

---

ЗАО «Издательство научно-технической литературы»  
634050, Томск, пр. Ленина, 34а, тел. (382-2) 53-33-35

ОГУП «Асиновская типография», г. Асино, ул. Проектная, 22